

Aus dem Zentrum
für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
der Philipps-Universität Marburg

Geschäftsführender Direktor: Herr Prof. Dr. med. J. A. Werner
Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie
Direktorin: Frau Prof. Dr. med. R. Berger

**„Untersuchung zur Normerhebung des
dichotischen Diskriminationstests nach
Uttenweiler und des Marburger Reimtests
zur Diagnostik auditiver
Wahrnehmungsstörungen bei Kindern“.**

Inaugural- Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der
Gesamten Medizin im Fachbereich Humanmedizin der
Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von
Antje Hochweller aus Frankfurt am Main

Marburg 2006

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg am 31.08.2006,
gedruckt mit der Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Herr Prof. Dr. B. Maisch

Referent: Frau Prof. Dr. R. Berger

Correferent: Frau Prof. Dr. E. Baum

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	7
2. Grundlagen.....	9
2.1 Hören und Wahrnehmung: Begriffsbestimmungen	9
2.2 Anatomische und neurophysiologische Grundlagen	11
2.2.1 Anatomie und Physiologie der peripheren Hörbahn	11
2.2.2 Anatomie und Physiologie der zentralen Hörbahn	15
2.2.3 Zentrale Schallverarbeitung.....	19
2.2.4 Zentrale Sprachverarbeitung.....	21
2.3 Störungen der auditiven Wahrnehmung	23
2.3.1 Nomenklatur auditorischer Störungen	23
2.3.2 Symptomatik und Differentialdiagnose	24
2.4 Diagnostische Verfahren.....	27
2.4.1 Audiometrische Methoden.....	27
2.4.2 Psychologische Methoden	29
2.5 Ursachen	31
2.6 Therapie.....	32
3. Material und Methoden.....	35
3.1 Marburger Reimtest im Störgeräusch	35
3.1.1 Testaufbau	35
3.1.2 Testablauf	40
3.1.3 Erste Ergebnisse und Problemdarlegung	42
3.2 Dichotischer Diskriminationstest nach Uttenweiler.....	44
3.2.1 Testaufbau und Testablauf.....	44
3.2.2 Problemdarlegung.....	45
3.2.3 Neuer Testablauf und Auswertung	47

4. Durchführung.....	50
4.1 Studieninhalt und Zielsetzung.....	50
4.1.2 Dichotischer Diskriminationstest nach Uttenweiler.....	52
4.2 Ablauf.....	53
4.2.1 Auswahl der Testpersonen.....	53
4.2.2 Durchgeführte Voruntersuchungen	54
4.3 Dokumentation, Auswertung und Statistik	55
5. Darstellung der Ergebnisse	57
5.1 Marburger Reimtest im Störgeräusch	57
5.2 Dichotischer Diskriminationstest nach Uttenweiler.....	61
6. Diskussion	67
6.1 Marburger Reimtest im Störgeräusch	67
6.1.1 Praktische Erfahrungen bei der Anwendung	67
6.1.2 Beurteilung des Testergebnisses	68
6.1.3 Ein weiterer Ansatz	72
6.2 Dichotischer Diskriminationstest nach Uttenweiler.....	73
6.2.1 Praktische Erfahrungen bei der Anwendung	73
6.2.2 Beurteilung des Testergebnisses	74
7. Zusammenfassung und Ausblick.....	79
8. Literaturverzeichnis	81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung des Modells der intermodalen Wahrnehmung nach Esser	10
Abbildung 2:	Schematischer Schnitt durch das menschliche Gehör	12
Abbildung 3:	Querschnitt durch eine Windung der Cochlea	14
Abbildung 4:	Vereinfachtes Schema der zentralen Hörbahn	18
Abbildung 5:	Skizzierte Abbildung der verwendeten akustisch-räumlichen Situationen	39
Abbildung 6:	Bisheriger Auswertungsmodus des dichotischen Diskriminationstest	46
Abbildung 7:	Gegenüberstellung der Gruppenmittelwerte für BILD, ILD und binauralem Verständniserfolg	57
Abbildung 8:	Graphische Darstellung der neuen Auswertung, BILD kranke Kinder	59
Abbildung 9:	Graphische Darstellung des Hörgewinns in Prozent, kranke Kinder	59
Abbildung 10:	Graphische Darstellung der neuen Auswertung, BILD gesunde Kinder	60
Abbildung 11:	Graphische Darstellung des Hörgewinns in Prozent, gesunde Kinder	60
Abbildung 12:	Gegenüberstellung des Hörgewinns in Prozent	61
Abbildung 13:	Verteilung der Testergebnisse, gesunde Kinder	62
Abbildung 14:	Verteilung der Testergebnisse, auffällige Kinder	62
Abbildung 15:	Bestimmung des Cut-Off-Wertes mit Sensitivität und Spezifität	65
Abbildung 16:	ROC-Kurve für den dichotischen Diskriminationstest nach Uttenweiler	66

Tabellen

Tabelle 1:	Einteilung des Testergebnisses in vier Leistungsbereiche	48
Tabelle 2:	Tabellarische Darstellung der Messergebnisse	57

1. Einleitung

Die auditive Wahrnehmungsstörung ist ein Krankheitsbild, das in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen hat. Es scheint, dass immer mehr Kinder mit einer zentralen Hörstörung kämpfen und sich im täglichen Leben mit den daraus resultierenden Teilleistungsschwächen arrangieren müssen. Die Kinder fallen bei Eltern und Lehrern in erster Linie dadurch auf, dass sie schlecht hören, bei einer ohrenärztlichen Untersuchung aber keine Minderung der Hörleistung diagnostizierbar ist (Musiek et al. [65]). Neben Konzentrations-, Aufmerksamkeits- und Merkfähigkeitseinbußen machen den Kindern insbesondere die sich aus der Problematik ergebenden langfristigen Folgen, wie etwa Sprachauffälligkeiten oder eine Lese-Rechtschreibschwäche, zu schaffen (Cacace & McFarland, [21]). In diesem Zusammenhang geht man davon aus, dass sich das Problem weniger in der Aufnahme des Gehörten darstellt, also dem „Hören“ an sich, sondern vielmehr in der Verarbeitung und Wahrnehmung. Man bezeichnet deshalb die soeben beschriebene Problematik als auditive Wahrnehmungsstörung oder auch zentrale Hörstörung. Diese Begriffe werden im Folgenden synonym verwendet.

Leider werden auditive Wahrnehmungsstörungen in vielen Fällen sehr spät erkannt und das frühe Stadium in der kindlichen Entwicklung, in dem sich Funktionsschwächen jedweder Art noch leichter überwinden lassen, verstreicht ohne die Chance auf eine Therapie (Esser [35]). Wenn der erste Schritt getan ist und die Eltern zusammen mit dem Kind den Weg zum Arzt beschreiten, ergibt sich auf der ärztlichen Seite eine ganz neue Herausforderung: Anhand welcher klinischen Kriterien kann überhaupt die Diagnose „auditive Wahrnehmungsstörung“ gesichert werden? Eine sorgfältige Diagnosestellung ist nicht zuletzt wegen der daraus resultierenden, zum Teil nicht unerheblichen Konsequenzen für das Kind (zum Beispiel ein Schulwechsel), zu fordern. Des Weiteren bleibt die Frage mit Hilfe welcher Testverfahren man eine möglichst

objektive Beurteilung der Schwere der zentralen Hörstörung gewährleisten kann.

Zurzeit stehen eine Vielzahl unterschiedlichster Tests zur Verfügung, die in ihrer Gesamtheit versuchen, möglichst viele unterschiedliche Aspekte der auditiven Verarbeitungsstörung zu analysieren und so ein komplexes Bild der vorliegenden Störung zu ermitteln. Da im Rahmen der Untersuchungen zunächst anatomische und physiologische Ursachen für eine Hörstörung ausgeschlossen werden müssen, resultiert für das Kind meist eine langwierige Prozedur mit Untersuchungen und Tests, die sich nicht selten über einen ganzen Tag erstrecken und besonders an junge Patienten eine enorme Konzentrationsanforderung stellen. Um die Diagnosestellung zu erleichtern, wird stetig versucht die bestehenden Untersuchungsverfahren zu optimieren und Standards für die recht umfangreiche Diagnose der auditiven Wahrnehmungsstörung zu entwickeln. Dafür fehlen auf der einen Seite immer noch sichere diagnostische Kriterien. Auf der anderen Seite erfüllen viele neue Testverfahren nicht die Ansprüche, die man in Bezug auf Validität, Objektivität und Reliabilität von einem neuartigen Test erwarten würde, da sie bisher an zu kleinen Stichproben getestet wurden (de Maddalena [28]).

Es besteht also weiterhin Bedarf, bestehende Tests zu modifizieren und weiter zu entwickeln oder unter neuen Gesichtspunkten auszuwerten und zum anderen neue Testverfahren zu entwickeln und auf Praktikabilität und Aussagekraft, also auf den Nutzen im klinischen Gebrauch hin zu untersuchen (ASHA [3], Dietel [31]).

Diese Arbeit befasst sich mit der Zusammenstellung und Untersuchung von Daten neuer Testverfahren. Das Ziel ist es dabei, die Diagnostik der auditiven Wahrnehmungsstörung zu vereinfachen und sie trotzdem effizient und aussagekräftig in einem möglichst engen Zeitrahmen zu realisieren.

2. Grundlagen

2.1 Hören und Wahrnehmung: Begriffsbestimmungen

Hören und Wahrnehmung des Gehörten sind die beiden grundlegenden Prozesse beim Erkennen von Geräuschen und Sprache. Während die Definition von „Hören“ noch recht einfach erscheint und wenig Diskussionsfreiraum bietet, wird der Begriff der Wahrnehmung und insbesondere der Terminus der auditiven Wahrnehmung nicht einheitlich gebraucht (Günther & Günther [39]). In der Literatur existieren dazu viele verschiedene Versionen (Esser et al. [36], Plath [70], Schydlo [81], Ptok et al. [73]). Der Pschyrembel [72] bezeichnet Wahrnehmung als den komplexen Vorgang der Sinneswahrnehmung, Empfindung und integrativen Verarbeitung von Umwelt- und Körperreizen. Dabei ist die regelrechte Funktion der Sinnesorgane (Ohr, Auge, Nase, Haut etc.) die Voraussetzung für die ungestörte Fähigkeit zur Wahrnehmung. Die Wahrnehmung ist demzufolge nicht nur die Aufnahme chemischer und physikalischer Reize durch die spezifischen Sinnesorgane, sondern insbesondere die Aufbereitung und Weiterverarbeitung dieser Reize mit dem Zweck, eine anschauliche Repräsentation der Umwelt und des eigenen Körpers herzustellen (dtv-Lexikon [17]). Die Eindrücke der verschiedenen Sinnesleistungen wie Sehen, Hören, Schmecken, Riechen, Tasten usw. können dabei als Teilleistungen der allgemeinen Wahrnehmung betrachtet werden. Davon ausgehend teilen Esser et al. [36] den Prozess der Wahrnehmung in zwei hintereinander und ineinander verknüpfte Bereiche ein: zunächst kommt es zu einer sinnesspezifischen – *intramodalen* – Wahrnehmung der einzelnen Teilleistungen. Danach, bei der Wahrnehmung im engeren Sinne – der intermodalen Integration - werden dann die Verknüpfungen zwischen den Sinnessystemen vollzogen. Abbildung 1 veranschaulicht dieses von Esser et al. erstellte Modell der intermodalen Wahrnehmung.

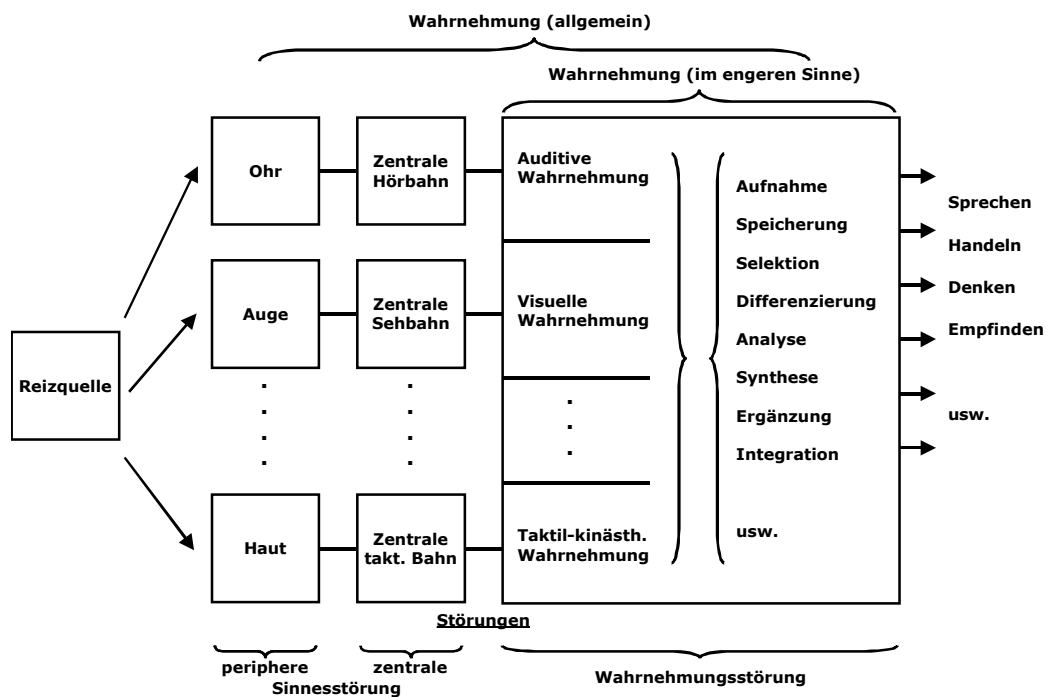


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Modells der intermodalen Wahrnehmung nach Esser
Entnommen aus: Esser et al. [36], S. 10

Die auditive Verarbeitung setzt sich somit einerseits aus der Aufnahme und Vorverarbeitung akustischer Informationen aus der Umwelt durch das Ohr als adäquates Sinnesorgan zusammen, andererseits aus der Vielzahl von Be- und Verarbeitungsfunktionen des zentralen Nervensystems wie Speicherung, Selektion, Differenzierung, Analyse, Synthese, Ergänzung und Integration akustischer Strukturen (Esser et al. [36]). Zusammenfassend kann man die auditive Wahrnehmung als Ergebnis der sensorischen Aufnahme und zentralen Modifikation akustischer Informationen beschreiben, die es dem Menschen ermöglicht, adäquat auf Geräuscheinflüsse aus der Umwelt zu reagieren und in Kommunikation mit ihr zu treten (Schoder [78]). Katz [47] beschreibt diesen komplexen Vorgang mit den einfachen Worten: „What we do with what we hear“.

2.2 Anatomische und neurophysiologische Grundlagen

2.2.1 Anatomie und Physiologie der peripheren Hörbahn

Das Hör- und Gleichgewichtsorgan wird in drei Abschnitte unterteilt: in das äußere Ohr, das Mittelohr und das Innenohr.

Das äußere Ohr besteht aus der Ohrmuschel und dem dahinter liegenden Gehörgang, der am Ende durch das Trommelfell abgeschlossen ist. Die Ohrmuschel fungiert sozusagen als Schalltrichter. Alle ankommenden Geräusche, die die Ohrmuschel als winzige Druckschwankungen der Luft erreichen, werden dort in Form von Schallwellen aufgenommen und durch den Gehörgang bis an das Trommelfell weitergeleitet. Das Trommelfell ist eine dünne, schwingungsfähige Membran, die den äußeren Gehörgang gegen das Mittelohr abtrennt.

Das Mittelohr ist ein von Schleimhaut ausgekleidetes Raumsystem, welches geschützt im Inneren des Schläfenbeins, einem der Schädelknochen liegt. Den Hauptraum bildet die Paukenhöhle, in der sich die Gehörknöchelchen Hammer, Amboss und Steigbügel befinden. Diese Gehörknöchelchen sind miteinander gelenkartig verbunden und in charakteristischer Weise angeordnet. Am Trommelfell werden nun die ankommenden Schallwellen in Druckwellen umgewandelt, und als mechanische Wellen auf den Hammer (lat. Malleolus), den ersten Teil der Gehörknöchelchenkette, der direkt mit der Innenseite des Trommelfells verbunden ist, übertragen. Von dort werden die Druckwellen über den Amboss (lat. Incus) auf den Steigbügel (lat. Stapes) übertragen, dessen Fußplatte mit dem ovalen Fenster abschließt und damit die Verbindung zum Innenohr herstellt.

Die Reflexion der Schallwellen beim Übertritt von einem Medium mit niedrigem Schallleitungswiderstand (Luft) auf eine solches mit hohem Schallleitungswiderstand (Flüssigkeit bzw. Perilymphe) wird dadurch vermieden, dass der Schall von einer sehr großen schwingenden Fläche (Trommelfell) auf eine

sehr kleine schwingende Fläche (ovales Fenster) übertragen wird, so dass dabei nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten die Amplitude der Schallschwingung deutlich verstärkt wird. Weiterhin ist die Gehörknöchelchenkette so konstruiert, dass sie eine Hebelwirkung bei der Vibration ausübt. Durch die geschilderten anatomischen Gegebenheiten können die Druckwellen so verstärkt werden, dass sie an das Innenohr mit ca. 22-facher Intensität weitergegeben werden können (Trepel [86]).

Das Innenohr, auch Labyrinth genannt, besteht aus dem Gleichgewichts- und dem Hörorgan. Während das Gleichgewichtsorgan hauptsächlich aus dem Bogengangsystem besteht, ist der zentrale Anteil des Hörorgans die Schnecke, auch Cochlea genannt. Die verstärkten Schallwellen werden am ovalen Fenster in Flüssigkeitsschwingungen umgewandelt und an den flüssigkeitsgefüllten Hohlraum des Innenohres weitergegeben.

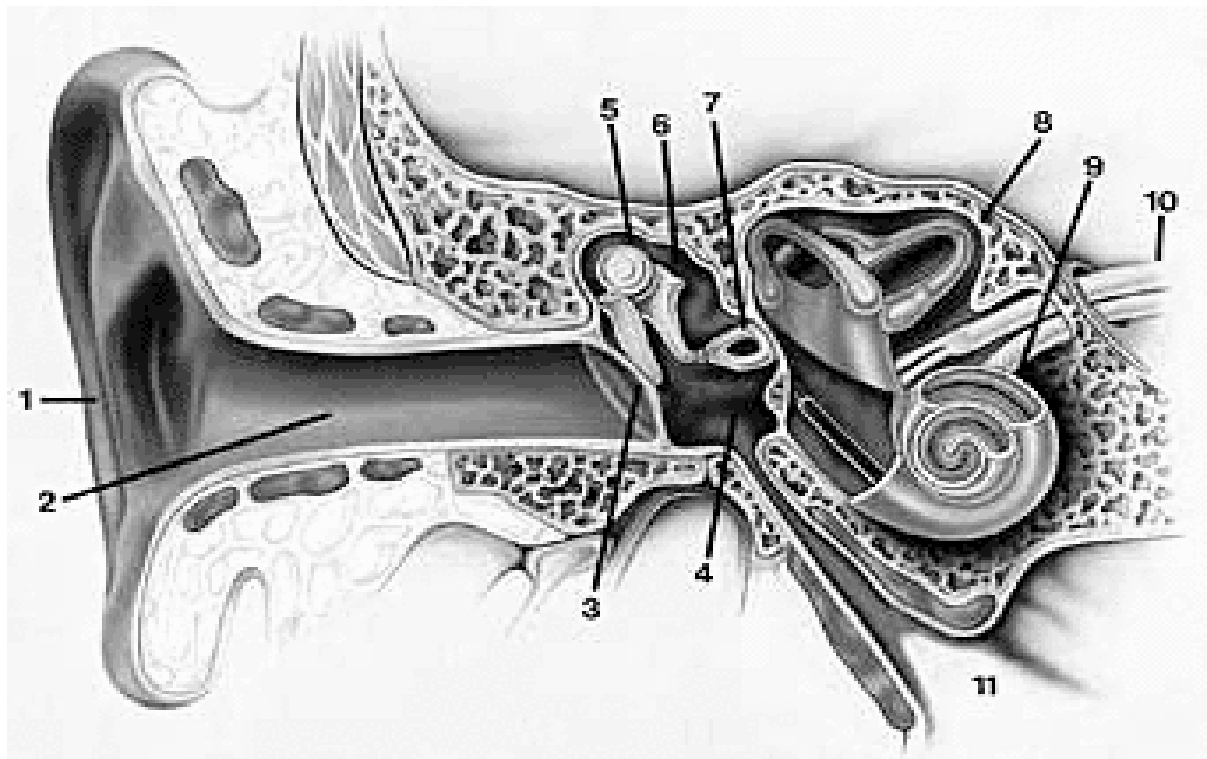


Abbildung 2: Schematischer Schnitt durch das menschliche Gehör
Entnommen aus: user.cs.tu-berlin.de/~edda/gamingsickness.html

Legende zum Bild: Ohrmuschel (1), Gehörgang (2), Trommelfell (3), Mittelohr (4), Gehörknöchelchen Hammer (5), Amboss (6), Steigbügel (7), Gleichgewichtsapparat (8), Schnecke/ Cochlea (9), Hörnerven (10)

Die Cochlea ist ein spiralig gewundenes Rohr, ähnlich wie das Gehäuse einer Gartenschnecke. Im Inneren ist dieses Rohr durch ein häutiges Schlauchsystem in drei voneinander getrennte Kompartimente aufgeteilt, die mit Flüssigkeit, der sogenannten Lymphe, gefüllt sind. Aufgrund der unterschiedlich ionalen Zusammensetzung unterscheidet man Peri- bzw. Endolymphe.

Scala vestibuli (oben)	}	gefüllt mit Perilymphe
Scala tympani (unten)		
Scala media (mitte)	}	gefüllt mit Endolymphe

Scala vestibuli und Scala tympani sind beide perilymphhaltig und haben ihre Bezeichnung deshalb, weil die Scala vestibuli an der Schneckenbasis mit dem Vestibulum in Verbindung steht, während die Scala tympani unten am runden Fenster zur Paukenhöhle (Cavum tympani) hin endet. Beide stehen am oberen Ende der Schnecke, dem sogenannten Helikotrema, miteinander in Verbindung.

Die Scala media wird nach oben hin durch die Reißer-Membran von der Scala vestibuli getrennt. Den Boden bildet die Basilarmembran, die auch Scala vestibuli und Scala tympani voneinander rennt. Auf der Basilarmembran befindet sich das Corti-Organ als eigentliches Hörorgan, das aus Stützzellen und den mit Stereozilien ausgestatteten Sinneszellen, den Haarzellen besteht. Das Corti-Organ wird von der Tektorialmembran bedeckt, in die die Stereozilien der Haarzellen hineinragen. Im Corti-Organ findet die Umwandlung der ankommenden mechanischen Schallwellen in elektrische Signale statt, die dann über den Hörnerven an das Gehirn weitergeleitet werden.

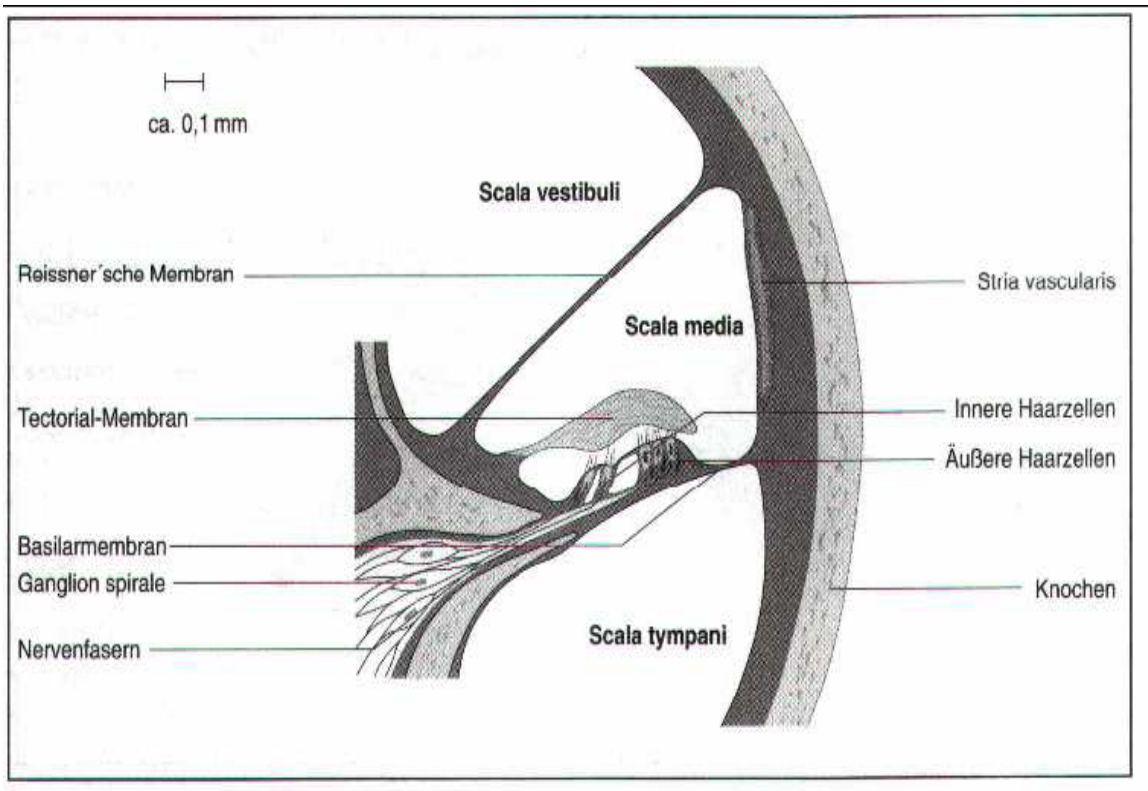


Abbildung 3: Querschnitt durch eine Windung der Cochlea
Entnommen aus: LAUER 2001:4.

Die von den Gehörknöchelchen aufgenommene Schallschwingung überträgt sich am ovalen Fenster durch den Steigbügelfuß auf die Perilymphe. Die Perilympschwingung des Innenohrvorhofs (Vestibulum) setzt sich fort durch die Scala vestibuli der Cochlea und führt dabei zu einer Schwingung der Reißner-Membran. Auf Grund der Inkomprimierbarkeit von Flüssigkeiten (hier Endolymphe) erfolgt eine simultane Auslenkung der Basilarmembran gegen die Tektorialmembran, die fixiert und deshalb unbeweglicher ist. Die Schwingung der Perilymphe pflanzt sich in Form einer sog. Wanderwelle fort, um dann an der Spitze der Cochlea (Helikotrema) ihre Richtung zu ändern und nun in entgegengesetzter Richtung die Scala tympani entlang zu wandern. Am Ende verpufft der Rest der noch bestehenden Wanderwelle am runden Fenster, über das die Cochlea ebenfalls mit der Paukenhöhle in Verbindung steht. Jedes ankommende Schallereignis bewirkt eine Auf- und Abbewegung der Basilarmembran. Durch die Auslenkung werden die Stereozilien der auf der

Basilarmembran befindlichen Haarzellen abgescheret, was in diesen schließlich ein Aktionspotential und damit eine Erregungsweiterleitung auslöst.

Unterschiedlich hohe Töne haben unterschiedlich hohe Frequenzen und erzeugen demzufolge unterschiedliche Schwingungsfrequenzen der Perilymphe am ovalen Fenster. Die entstandene Wanderwelle erreicht an einer charakteristischen Stelle der Basilarmembran ihre höchste Auslenkung. Man spricht von einer Frequenz-Ortsabbildung oder der Ortstheorie (Klinke & Silbernagl [53]). Am Ort der höchsten Auslenkung kommt es zu einer maximalen Abscherung der sich auf der Basilarmembran befindlichen Haarzellen gegen die Tektorialmembran. Dadurch wird ein Rezeptorpotential ausgelöst, das zu einer Freisetzung von humoralen Botenstoffen (Transmitter) führt und damit den Hörnerven erregt. Jetzt ist die frequenzspezifische Umwandlung, Kodierung und tonotopische Zuordnung von Schallwellen in elektrische Impulse abgeschlossen: das Ohr als Sinnesorgan hat seine Aufgabe erfüllt und die Informationen gehen ihren Weg weiter in den nächsten Abschnitt der Hörbahn, dem Hörnerven (Nervus vestibulocochlearis) (Schoder [78]).

2.2.2 Anatomie und Physiologie der zentralen Hörbahn

Im zentralen Anteil der Hörbahn werden die vom Innenohr aufgenommenen und verschlüsselten Informationen weitergeleitet. Dazu sind nicht weniger als fünf oder sechs hintereinandergeschaltete Neurone notwendig.

Vorläufige Endstation der akustischen Informationen sind die sogenannte primäre und sekundäre Hörrinde, die sich im Temporallappen befinden. Dort werden die Signale schließlich interpretiert und erkannt.

Das genaue Ende der Hörbahn bleibt aber unklar. Es könnte irgendwo im efferenten System enden oder möglicherweise auch in einem nicht-auditorischen Bereich des Gehirns. Außerdem könnte der exakte Verlauf auch abhängig von der Art des akustischen Signals sein (Musiek & Oxholm [62]).

Der Nervus cochlearis stellt den Eingang aller akustischen Informationen in das Zentralnervensystem dar (Böhme & Welzl-Müller [15]). Im Mediolus, der knöchernen Achse der Cochlea, befindet sich das Ganglion spirale, das eine Ansammlung von Perikarien (Nervenzellkörpern) darstellt. Diese Perikarien sind der Ursprung des Nervus cochlearis und damit das erste Neuron der zentralen Hörbahn. Sie bekommen Informationen aus den inneren und äußeren Haarzellen des Innenohres und senden diese über Axone (Nervenzellausläufer), die gebündelt den cochleären Anteil des Nervus vestibulocochlearis ausmachen, in das Rhombencephalon (Rautenhirn).

Von Beginn an herrscht in der Hörbahn eine strenge tonotopische Gliederung, die die Voraussetzung für das spätere Erkennen unterschiedlicher Frequenzen und Tonhöhen darstellt. Diese systematische Frequenz-Ortszuordnung, die tonotope Organisation, findet sich auch in allen höheren Zentren der Schallverarbeitung wieder. Selbst in der Hörrinde ist sie noch zu finden (Janssen [43]).

Im Boden des vierten Ventrikels, der auch als Rautengrube bezeichnet wird, befinden sich im Nucleus cochlearis anterior und posterior die Zellkörper des zweiten Neurons. Die ankommenden Informationspotentiale werden erneut verschaltet und ziehen über verschiedene Wege zentralwärts. Ein kleinerer Teil der Fasern verläuft ungekreuzt (ipsilateral) bis in die Colliculi inferiores, einem Teil des Mittelhirns. Der größte Teil der Axone kreuzt jedoch als Faserzug zur Gegenseite und steigt dann gebündelt als sogenannter Lemniscus lateralis bis zu den Colliculi inferiores auf. Auf dem Weg dahin befinden sich weitere Kernkomplexe, wie die Ncll. corporis trapezoidei, der Ncl. olivaris superior und der Ncl. lemnisci lateralis. Einige Fasern, die durch diese Kernkomplexe ziehen werden dort bereits auf ein drittes oder sogar viertes Neuron umgeschaltet. Im Bereich dieser Kerngebiete, dem Olivenkomplex, erhalten die Nervenzellen Informationen aus gekreuzten und ungekreuzten Fasern beider Seiten. Damit besteht auf dieser Ebene erstmalig die Gelegenheit, akustische Informationen von beiden Seiten neuronal miteinander zu vergleichen (Weber [94]). Vom Olivenkomplex ausgehend ziehen wiederum efferente Bahnen zu den inneren

und äußeren Haarzellen des Innenohres. Die Aufgabe der efferenten Bahnen besteht in der Anpassung des peripheren Hörsystems an die jeweilige Hörsituation in Form eines Rückkopplungskreises (Boenninghaus & Lenarz [14]). Vermutet wird außerdem, dass das efferente Hörsystem für die aufmerksamkeitsgebundene Hemmung bestimmter Reizimpulse im auditiven Bereich verantwortlich sein könnte. Genaues Hinhören, Lauschen und insbesondere das Ausblenden von Störschall könnten im efferenten System ihre neurophysiologische Grundlage haben (Hellbrück [40]). Eine Störung im efferenten System, insbesondere des Mechanismus der lateralen Hemmung könnte deshalb eine der Ursachen der zentralen Hörstörung sein, bei der unter anderem das Verstehen im Störgeräusch stark beeinträchtigt ist (Esser et al. [36]).

Nachdem die meisten Fasern der Hörbahn in den Kernen der Colliculi inferiores erneut umgeschaltet wurden, ziehen sie weiter bis in den Thalamus, einem Teil des Zwischenhirns (Diencephalon). Dort, im Corpus geniculatum mediale,, werden ausnahmslos alle Fasern noch einmal verschaltet, um dann als Hörstrahlung (Radiatio acustica) durch den hinteren Abschnitt der Capsula interna zur primären Hörrinde zu ziehen. Abbildung 4 veranschaulicht die vielfältigen Verschaltungsmöglichkeiten.

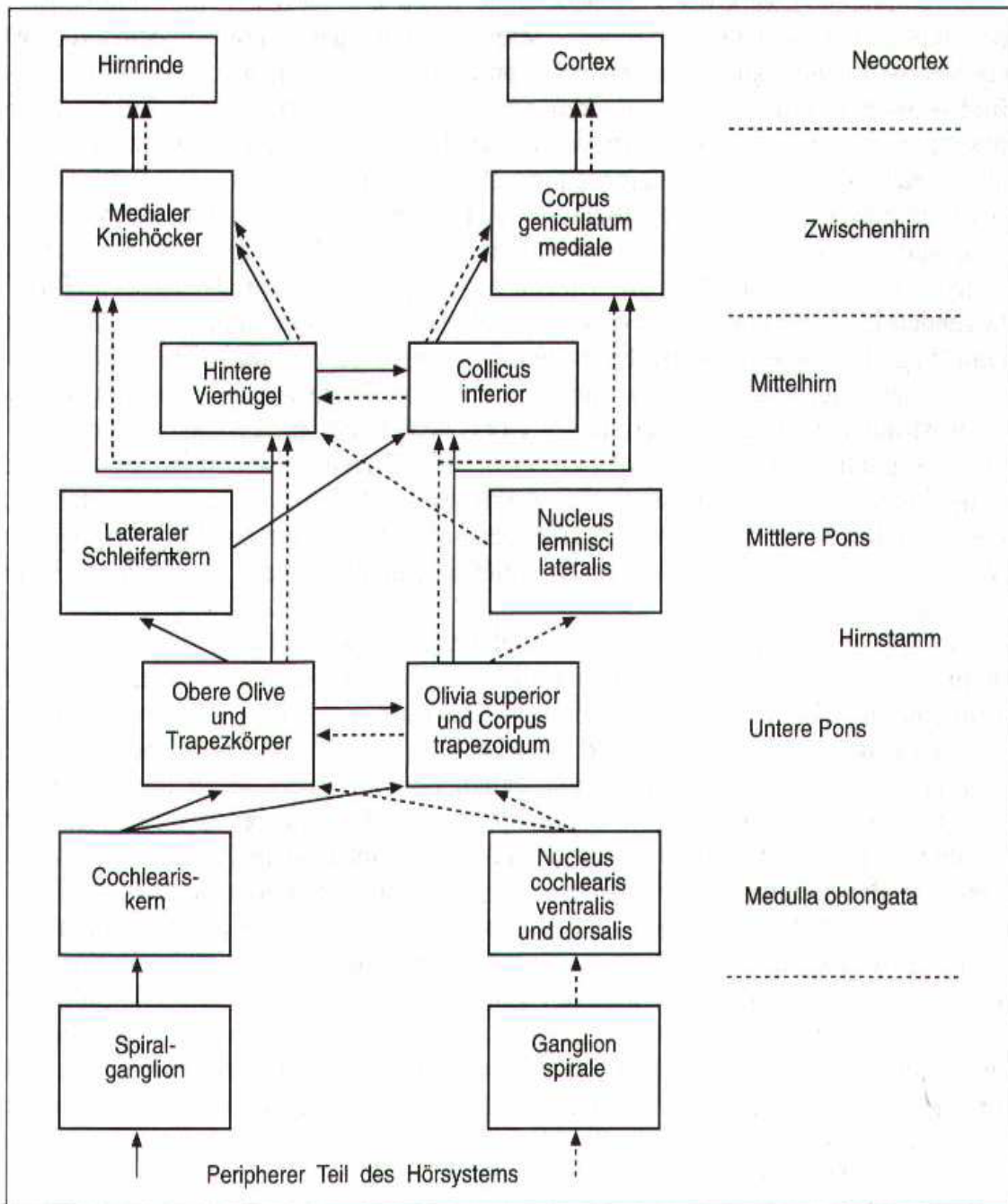


Abbildung 4: Vereinfachtes Schema der zentralen Hörbahn
Entnommen aus: LAUER 2001:5 (dort modifiziert nach FRANKE 1998:95).

Die primäre Hörrinde nimmt auf dem Kortex die Area 41 nach Brodmann ein. Genau wie im Innenohr wird bei den afferenten Fasern eine tonotopische Anordnung beibehalten, d. h. dass jede Tonfrequenz einen eigenen Terminationsort in der primären Hörrinde hat. Hier kommt es nun erstmals zu einer, wenn auch noch interpretationsfreien, Bewusstwerdung der auditorischen

Impulse aus dem Innenohr. Dabei können in der primären Hörrinde immer nur einzelne Laute unterschieden werden. Eine sinnvolle Verknüpfung dieser Laute zu Wörtern und schließlich Sätzen findet erst in der sekundären Hörrinde statt, die in den Areae 42 und 43 nach Brodmann lokalisiert ist.

Dadurch, dass die Fasern der Hörbahn auf unterschiedlichen Ebenen zur Gegenseite und auch wieder auf ihre ursprüngliche Seite zurückkreuzen können, erhält jede primäre Hörrinde akustische Impulse aus beiden Cochleae. Tritt eine einseitige Schädigung der Hörbahn auf, kommt es dadurch nur zu einer Herabminderung des Hörens. Außerdem wird durch die Konvergenz der Hörinformationen beider Seiten das Richtungshören ermöglicht (Trepel [86]).

2.2.3 Zentrale Schallverarbeitung

Die exakte anatomische Zuordnung der Leistungen des auditiven Systems gestaltet sich kompliziert und ist bis heute nicht vollständig gelungen. Die Kenntnis der komplexen Vorgänge der zentralen Schallverarbeitung ist deshalb immer noch lückenhaft (Uttenweiler [88]).

Zu den Fähigkeiten des Hörsystems gehört nicht nur die Differenzierung unterschiedlicher Töne (Frequenzanalyse), sondern neben der Differenzierung von Unterschieden in der Lautstärke (Schalldruckanalyse) auch die Lokalisation von Schallquellen in Raum und die Einschätzung des Abstandes zur Schallquelle.

Damit diese verschiedenen Funktionen optimal genutzt werden können, ist es sinnvoll, die zu bearbeitenden Informationen über das Schallereignis bereits im Hörnerv nach verschiedenen Qualitäten zu kodieren. Diese Qualitäten sind nach Silbernagl und Despopoulos [82]:

1. Schallfrequenz
2. Schallintensität
3. Schallrichtung
4. Entfernung von der Schallquelle

Das Innenohr mit dem Corti-Organ schafft damit die grundlegenden Voraussetzungen für die weitere Analyse, Verarbeitung und Registrierung der Hörempfindung, die in Hirnstamm und Großhirn stattfinden.

Schallfrequenzanalyse: Das menschliche Gehör ist in der Lage, Geräusche in einem Bereich zwischen 16 Hz und 20.000 Hz wahrzunehmen. Die Frequenzunterschiedsschwelle liegt dabei bei nur 3 Hz. Das Erkennen bereits winziger Frequenzunterschiede wird zum einen durch die tonotopische Gliederung der Hörbahn ermöglicht, die bereits in der Cochlea beginnt. Zum anderen wird an den Synapsen der Hörbahn durch hemmende und fördernde Verschaltung eine weitere Kontrastierung der Frequenzunterscheide ermöglicht.

Schallfrequenzintensität: Eine Änderung der Schallintensität führt zu einer Änderung der Anzahl ausgelöster Aktionspotentiale im Hörnerven, sowie zur Rekrutierung benachbarter Nervenfasern bei der Weiterleitung der Information.

Schallrichtungsanalyse: Grundprinzip für die Fähigkeit des Richtungshörens ist die Tatsache, dass ein ankommendes akustisches Signal immer ein Ohr vor dem anderen erreicht. Diese Phasen-, Laufzeit- und Intensitätsunterschiede werden von einem bestimmten Kerngebiet im oberen Olivenkernkomplex (Nucleus accessorius) der Hörbahn verrechnet. Dies ermöglicht insbesondere das Richtungshören auf der transversalen Ebene. Weiterhin ermöglichen charakteristische Schallverzerrungen an der Ohrmuschel sowohl eine genauere Zuordnung im Raum als auch eine monaurale Orientierung. Beide Prozesse gemeinsam führen dazu, dass die gerade noch erkennbare Richtungsabweichung ca. 3° beträgt, was entspricht ca. 1 cm Wegunterschied.

Bestimmung der Entfernung der Schallquelle: Diese Leistung wird dadurch ermöglicht, dass hohe Frequenzen bei der Schallverarbeitung mehr gedämpft werden als niedrigere Frequenzen. Mit Zunahme des zurückzulegenden Weges des Schalls verringert sich somit der Anteil der hohen Frequenzen (Silbernagl & Despopoulos [82]).

Die genannten Analysemöglichkeiten, die nur einen Teil der Funktionen wiedergeben, welche bei der Aufnahme und Verarbeitung von Gehörtem genutzt werden, verdeutlichen die Komplexität des Hörvorgangs. Die weitere Verschaltung und Verarbeitung der Hörinformationen im Hirnstamm ist sehr kompliziert und vielfältig und soll in dieser Arbeit nicht näher erläutert werden.

2.2.4 Zentrale Sprachverarbeitung

Die Sprache ist ein Kommunikationsmittel des Menschen. Sie wird gekennzeichnet durch die Verwendung willkürlich gesprochener oder geschriebener Symbole mit festgelegter Bedeutung. Sie ermöglicht verbale Kommunikation zwischen Individuen als geschriebene (Schriftsprache) oder als gesprochene Sprache (Sprechen).

Das menschliche Gehirn verfügt über bestimmte Areale, die das Erkennen und Verarbeiten von Sprache ermöglichen. Man unterscheidet primäre von sekundären, sowie motorische von sensorischen Spracharealen.

Die bereits erwähnte Area 41 nach Brodmann, die sich an der dorsalen Fläche des Temporallappens befindet, bezeichnet man als primäre Hörrinde oder auch nach einem ihrer Beschreiber als Heschl-Querwindung. Die Hörbahn ist die wichtigste Afferenz dieses Kortexareals. Hier kommt es nun zu einer interpretationsfreien Bewusstwerdung der auditorischen Impulse aus dem Innenohr. Für das Erkennen von ganzen Wörtern oder Melodien müssen diese Laute aber zunächst noch sinnvoll verknüpft werden. Diese interpretative Verarbeitung findet in der sekundären Hörrinde statt, ein Kortexareal, das anatomisch genau neben der primären Hörrinde liegt. An diesem Punkt wird deutlich, dass zum Erkennen und Verstehen von Sprache neben den eben

geschilderten Vorgängen auch das Gedächtnis eine große Rolle spielt. Im Laufe der Entwicklung müssen sich Schaltkreise bilden, die ein erinnerndes Zuordnen des Gehörten zu Worten oder Klängen ermöglichen. Die sekundäre Hörrinde ist auf beiden Hemisphären unterschiedlich stark ausgebildet und hat verschiedene Aufgabenschwerpunkte. Bei den meisten Rechtshändern befindet sich die dominante Hemisphäre, also der Teil in dem die Sprache motorisch und sensorisch verarbeitet wird, auf der linken Hirnseite. Bei den meisten Linkshändern jedoch auf der rechten (Springer [84]). Die dominante Hemisphäre dient hauptsächlich dem rationalen Verständnis von Sprache. In der jeweils nicht dominanten Hemisphäre wird offensichtlich mehr die musische Komponente des Gehörten verarbeitet. Für viele weitere alltägliche Tätigkeiten wie z. B. Sprechen oder Lesen ist es nötig, dass im Gehirn vielfältige Verschaltungswege existieren, die einen Informationsaustausch ermöglichen. Dafür ist eine efferente Verbindung mit dem motorischen Sprachzentrum, auch Broca-Zentrum genannt, nötig, da die Sprachbildung mit dem Sprachverständnis untrennbar verbunden ist. Auch beim Lesen oder Vorlesen müssen die Buchstaben zunächst in der sekundären Sehrinde als Schrift erkannt und interpretiert werden. Danach wird das Schriftbild mit einem sprachlichen Sinn verknüpft, was wiederum im Wernicke-Zentrum, einem anderen Teil des Kortex, geschieht.

Funktionsausfälle im sensorischen oder auch motorischen Sprachzentrum führen zu charakteristischen Krankheitsbildern, den sogenannten Aphasien. Bei einem Ausfall des Wernicke-Zentrums der dominanten Seite kommt es zu einer sensorischen Aphasie, die durch ein gestörtes Wort- und Sprachverständnis gekennzeichnet ist. Die Patienten können dann Wörter und Laute bis zu einem gewissen Grad nachsprechen, sind aber nicht in der Lage dem Gehörten eine sinnvolle Bedeutung zuzuordnen.

Wird das Broca-Sprachzentrum teilweise oder vollständig geschädigt, sind die Patienten zwar noch in der Lage Geräusche und Sprache zu verstehen, dafür ist aber das Sprechen eingeschränkt. Es resultiert eine stark gestörte und verlangsamte Sprachproduktion, die sich unter anderem durch Probleme beim

Nachsprechen von Sätzen äußert. Dieses Krankheitsbild bezeichnet man als motorische Aphasie.

2.3 Störungen der auditiven Wahrnehmung

2.3.1 Nomenklatur auditorischer Störungen

Grundsätzlich muss man zwischen peripheren und zentralen Hörstörungen unterscheiden, denn nur wenn die anatomischen und physiologischen Grundvoraussetzungen des peripheren Hörorgans erfüllt sind, kann die zentrale Verarbeitung einwandfrei ablaufen.

In den peripheren Hörstörungen werden Funktionseinbußen des Außen- und des Innenohres zusammengefasst. Man unterscheidet Schallleitungsstörungen von Schallempfindungsstörungen.

Bei der Schallleitungsstörung oder auch Mittelohrschwerhörigkeit kommt es zu einer schlechteren Weiterleitung des Schalls aufgrund einer Verlegung des äußeren Gehörgangs, einer Schädigung des Trommelfells oder der Gehörknöchelchenkette. Die Diagnostik erfolgt durch eine Inspektion von Außenohr und Trommelfell. Außerdem können verschiedene standardisierte Prüfverfahren, wie z.B. das Tympanogramm herangezogen werden (siehe Abschnitt 2.4.1). Ursachen für eine Schallleitungsstörung sind vielfältig und können von harmlosen bis hin zu entzündlichen oder malignen Erkrankungen gehen.

Bei der Schallempfindungsstörung oder auch Innenohrschwerhörigkeit liegt eine Störung im Innenohr (sensorische oder cochleäre Störung) oder im Hörnerven (neurale oder retrocochleäre Störung) vor.

Der Gruppe der eben erwähnten peripheren Hörstörungen kann man eine weitere Gruppe von Hörstörungen gegenüberstellen, bei der es zu einem

Hörverlust kommt, obwohl der periphere Hörapparat (Außen-, Mittel- und Innenohr) intakt ist. Es handelt sich dabei um eine zentrale Hörstörung.

2.3.2 Symptomatik und Differentialdiagnose

Es soll noch einmal erwähnt werden, dass bei der zentralen Hörstörung keine oder höchstens eine geringgradige periphere Hörstörung vorliegt. Die Patienten fallen also nicht allein durch die typischen Symptome einer peripheren Hörstörung (schlechtes Verstehen, häufiges Nachfragen etc.) auf, die Symptome gleichen sich aber häufig, da das Resultat einer Hörstörung - sei sie nun zentral oder peripher - für den Patienten das gleiche ist. Ptok und Berger et al. [73] definieren in ihrem Konsensus Statement die zentrale Hörstörung wie folgt: „Eine auditive Verarbeitungs- und/oder Wahrnehmungsstörung liegt vor, wenn zentrale Prozesse des Hörens gestört sind. Zentrale Prozesse des Hörens ermöglichen unter anderem die vorbewusste und bewusste Analyse von Zeit-, Frequenz- und Intensitätsbeziehungen akustischer Signale, und von Prozessen der binauralen Interaktion (z. B. zur Geräuschlokalisation, Lateralisation und Störgeräuschbefreiung)“.

Da die zentrale Verarbeitung von Sprache ein sehr komplexer Prozess ist, fallen Patienten, die an einer auditiven Wahrnehmungsstörung leiden, nicht nur durch sehr spezifische Symptome auf. Jeder Verarbeitungsabschnitt kann gestört sein und auf diese Weise eine charakteristische Störung hervorrufen (Medwetsky [60]).

Ein typischer Befund einer zentralen Fehlhörigkeit ist zum Beispiel ein unterschiedlich auditives Kurzzeitgedächtnis: Während kurze Sätze meist problemlos verstanden werden, werden bei langen Sätzen oft Teile vergessen und in der Folge der Sinn des Satzes nicht erfasst. Die Sprache kann nicht ausreichend zur Weiterverarbeitung gespeichert werden. Dies äußert sich auch durch ein schlechtes Ergebnis beim Nachsprechen von Zahlenreihen, wie es für einige psychologische Tests verlangt wird (siehe unten). In der Folge fallen die Kinder dadurch auf, dass sie schlecht mündlichen Anweisungen folgen können

und oft um eine Wiederholung des Gesagten bitten (Chermak et al. [24]; Chermak et al. [22]). Einige Schätzungen gehen davon aus, dass bis zu fünfzig Prozent aller Kinder, die an einer Lernstörung leiden, ein Problem in der zentralen Hörverarbeitung haben (Bellis [7]).

Des Weiteren ist für viele Kinder die Lautdifferenzierung z. B. der Konsonantenpaare g und k oder d und t erschwert. Kinder, die Probleme mit der phonematischen Differenzierungsfähigkeit haben, leiden oft nicht nur unter Verständigungsschwierigkeiten, sondern haben deshalb auch Probleme beim Umsetzen von Lautzeichen in Schriftzeichen (Schulte-Körne [80]). Viele Rechtschreibfehler haben hier ihren Ausgangspunkt (Breuer [16]).

Auch Schwierigkeiten beim dichotischen Hören sind charakteristisch und machen sich dann besonders bemerkbar, wenn mehrere Leute durcheinander sprechen, wie das zum Beispiel in der Schule der Fall ist. Weitere Symptome sind eine gestörte Lautheitsempfindung bei Geräuschen, eine eingeschränkte Frequenzunterscheidung und Sprachdiskrimination und ein reduziertes Richtungsgehör. Alle diese Probleme verstärken sich bei hohem Hintergrundgeräuschpegel oder in halligen Räumen (Deuse [30]). Daraus resultiert eine allgemeine Geräuschüberempfindlichkeit.

Durch die gestörte auditive Wahrnehmung kommt es auch in vielen Fällen zu einer Sprachentwicklungsstörung, die sich bereits im Vorschulalter zeigen kann (Berger [9], Chermak & Musiek [25], Günther & Günther [39]). Bis zu ein Drittel der Kinder mit diagnostizierter auditiver Wahrnehmungsstörung weist allgemeine kognitive Entwicklungsrückstände auf (Doleschal & Kohl [33]).

Die endgültige Diagnose einer auditiven Verarbeitungsstörung kann, wie bereits erwähnt, nicht durch die Durchführung eines einzigen Tests erfolgen. Da sich die Störung auf unterschiedliche Teilbereiche der auditiven Wahrnehmung beziehen kann, sind auch die resultierenden Krankheitsbilder sehr heterogen. Oft wirken die Kinder durch die Verständnisschwierigkeiten unkonzentriert oder unmotiviert, was die Abgrenzung gegenüber der Diagnose eines Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) schwierig macht

(Chermak et al. [23]). Daher erfordert die Diagnostik eine große Sorgfalt und versucht, möglichst viele Teilbereiche des peripheren und zentralen Hörens, sowie deren Verarbeitung, als auch andere Gedächtnisleistungen, die zum Hören, Verstehen und ggf. Wiedergeben des Gehörten unerlässlich sind, abzudecken.

Diese unterschiedlichen Teilbereiche sind nach Esser et al. [36]

- Auditive Aufmerksamkeit
- Auditive Speicherung
- Richtungshören (Fähigkeit eine Schallquelle zu orten)
- dichotisches Hören (Fähigkeit, unterschiedliche Sprachinformationen, die gleichzeitig auf beiden Ohren auftreten, zu verstehen)
- Lautdifferenzierungsvermögen
- Analyse (Fähigkeit, einzelne Elemente aus einem akustisch komplexen Gebilde herauszulösen und zu identifizieren)
- Ergänzung (Fähigkeit, einzelne Wortfragmente zu Wörtern oder Satzfragmente zu sinnvollen Sätzen zu ergänzen)
- Frequenzauflösungsvermögen
- Zeitauflösungsvermögen (Fähigkeit, zeitliche Strukturen von Schallereignissen aufzulösen)

Dieser Überblick über die prinzipiell zu überprüfenden Faktoren macht den diagnostischen Aufwand deutlich, der nicht zuletzt sehr hohe Anforderungen an Zeit, Personal und an die Geduld des jungen Patienten stellt. Letztendlich muss versucht werden, in einem angemessenen Zeitrahmen genügend Informationen zu sammeln und mit kurzen, aber aussagefähigen Tests möglichst viele diagnostische Teilbereiche abzudecken. Dabei handelt es sich um eine Mischung aus psychologischen und audiometrischen Testverfahren, die in ihrer Interpretation als Gesamtes angesehen werden müssen und deren Ergebnisse sich gegenseitig prüfen, absichern und ergänzen sollen. Denn durch die Komplexität der Problematik der auditiven Verarbeitungsstörung ist diese nur

interdisziplinär adäquat zu diagnostizieren (ASHA [2], Bellis [8], Neuschäfer-Rube [69], Stecker [85]). Es bedarf also sowohl bei der Diagnose als auch während der Therapie einer engen Zusammenarbeit zwischen Ärzten, Sonderpädagogen, Psychologen und Logopäden. Dennoch gestaltet sich die Überprüfung der zentralen Hörverarbeitung schwierig, da einerseits keine gesicherten audiologischen Testverfahren bekannt sind und andererseits die nicht-audiologischen Verfahren auch intellektuelle Fähigkeiten prüfen, so dass die gewonnenen Ergebnisse nicht allein der auditiven Verarbeitung zugeschrieben werden können (Berger [9]). Für die Diagnosefindung hat sich auch der Einsatz von Elternfragebögen bewährt (Wittkämper et al. [97], Ebert [34]). Dies gilt insbesondere bei Kindern unter sechs Jahren für die nur wenige altersentsprechende Testverfahren zur Verfügung stehen (Jerger & Musiek [44]). Deshalb sind die anamnestischen Angaben der Eltern zwar wichtig, besonders deshalb, da sie in den meisten Fällen den Gang zum Arzt initiieren, müssen aber unter Einbeziehung der anderen Untersuchungsergebnisse gewertet werden.

Im Folgenden werden die Testverfahren erläutert, die an der Universität Marburg in der Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie zurzeit genutzt werden, um eine auditive Wahrnehmungsstörung zu diagnostizieren.

2.4 Diagnostische Verfahren

2.4.1 Audiometrische Methoden

Tonschwelle: Bei der Tonschwellenaudiometrie werden im schalldichten Raum über Kopfhörer Töne in verschiedenen Frequenzen (250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz und 8000 Hz) bei verschiedenen Schallpegeln angeboten. Die Testperson muss zu erkennen geben, sobald sie einen Ton hört, und angeben auf welchem Ohr dieser wahrgenommen wurde. Durch das Abfragen vieler verschiedener Schallpegel in unterschiedlichen Frequenzen kann man ein

komplexes Bild über das Hörvermögen und mögliche Ausfallbereiche bekommen.

OAE (otoakustische Emissionen): Als otoakustische Emissionen bezeichnet man Schallaussendungen von den äußeren Haarzellen des Innenohres, die im äußeren Gehörgang mit Hilfe eines Mikrophons aufgezeichnet werden. Grundsätzlich unterscheidet man spontane (SOAE) von evozierten otoakustischen Emissionen (EOAE), die erst nach Stimulation des Ohres mit einem Schallsignal messbar werden. Man nimmt heute an, dass es sich bei den OAEs um das akustische Äquivalent der aktiven Verstärkungsprozesse im Bereich der äußeren Haarzellen im Innenohr handelt. Da etwa 95% der Normalhörenden OAEs haben und diese bereits ab dem 1. Lebenstag nachweisbar sind, handelt es sich um eine gute Methode für die Diagnose kindlicher Hörstörungen im Bereich des Innenohres.

Tympanogramm: Das Tympanogramm ist ein einfaches und objektives Testverfahren, bei dem die Elastizität und Schwingfähigkeit des Trommelfells überprüft wird. Diese sind Voraussetzung für eine reibungslose Weitergabe der Schallwellen an die Gehörknöchelchenkette des Mittelohres. Für das Tympanogramm wird eine kleine Messsonde in den äußeren Gehörgang eingeführt, die jenen mittels eines kleinen Gummipfropfens luftdicht verschließt. Über diese Sonde können nun unterschiedliche Druckverhältnisse im äußeren Gehörgang erzeugt werden, sowie Schallreflexionen des Mittelohrs während der veränderten Druckverhältnisse aufgezeichnet werden. Dafür wird ein Testton aus der Sonde angegeben und unter unterschiedlichen Druckverhältnissen die Reflexion dieses Tones am Trommelfell mit einem Mikrophon aufgezeichnet. Die Druckverhältnisse werden dann fortlaufend von +300daP über 0 auf -300daP verändert. Sowohl bei sehr hohen als auch bei sehr niedrigen Druckverhältnissen ist das Trommelfell stärker gespannt und reflektiert damit einen größeren Teil der eintreffenden Energie. Das bedeutet, dass die Compliance, ein Maß für die Dehnbarkeit des Trommelfells, dann klein ist. Das Gerät zeichnet nun die Compliance gegen die unterschiedlichen Druckverhältnisse auf, daraus ergibt sich eine charakteristische Kurve, die auf

evt. Veränderungen der Impedanz schließen lässt. Bei diesem Verfahren handelt es sich um ein objektives Verfahren, dass nicht an die Mitarbeit der Testperson gekoppelt ist und deshalb gut bei Kindern anwendbar ist (Lenhardt & Laszig [57]).

Sprachaudiogramm: Die Sprachaudiometrie testet mit Wörtern (einsilbig, mehrsilbig oder in ganzen Sätzen) die gesamte Funktion von Hörbahn und Wahrnehmung. Es gibt verschiedene standardisierte Tests wie z. B. den Mainzer Kindersprachtest oder den Göttinger Kindersprachverständnistest, die beide speziell für den kindlichen Wortschatz erarbeitet wurden. Trotzdem muss vor dem Test sichergestellt werden, dass das Kind alle möglichen Testwörter kennt, evt. müssen diese anhand von Bildkarten eingeübt werden. Die Testwörter werden vom Versuchsleiter gesprochen und machen daher den Test leider nicht Untersucher-unabhängig.

Uttenweiler: Der dichotische Diskriminationstest nach Uttenweiler [87] wurde basierend auf den Untersuchungen zur dichotischen Signalverarbeitung von Feldmann [37] entwickelt. Es gibt zwei Ausführungen, die sich im Wortschatz unterscheiden. Eine davon ist für Kinder geeignet. Da der Test Gegenstand dieser Arbeit ist, soll an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden (siehe 3.2).

Marburger Reimtest im Störgeräusch: Bei diesem Test handelt es sich um ein neues computergestütztes Verfahren, das den binauralen Verständniserfolg im Störgeräusch überprüft. Inhalt und genauer Ablauf werden unter 3.1 erläutert.

2.4.2 Psychologische Methoden

Grundlage der psychologischen Untersuchung ist eine ausführliche Anamnese und eine Befragung der Eltern zur Entwicklungsgeschichte des Kindes und zu seinen aktuellen alltäglichen Problemen. Im Anschluss daran stehen dem Psychologen eine Vielzahl von Tests zur Verfügung, die in ihrer Gesamtheit

Aussagen über die Intelligenz und über verbale und non-verbale Fähigkeiten zulassen.

CFT: Beim Grundintelligenztest Skala 1 (CFT= Culture Fair Intelligence Tests), der von Catell et al. [20] entwickelt wurde, geht es darum nonverbale Problemstellungen (wie z.B. Reihenfortsetzen) zu erkennen und zu erfassen. Durch die sprachfreie Aufgabenstellung werden Testpersonen mit schlechten Sprachkenntnissen nicht benachteiligt.

CPM: Bei den „Coloured Progressive Matrices“ handelt es sich um einen von Raven [75] entwickelten Test, der konzipiert wurde um die allgemeine Intelligenz, speziell das logische Schlussfolgern, sprachfrei zu erfassen. Verschiedene Teilbereiche der Intelligenz werden anhand von 36 Bildern, die in drei Gruppen unterteilt sind und Probleme in aufsteigender Schwierigkeit darstellen, überprüft. Dieser Test kann auch bei Personen angewendet werden, die nur schlecht deutsch sprechen können oder sich aufgrund einer neurologischen Sprachstörung schlecht ausdrücken können.

Mottier: Beim Mottier-Test [61] muss das Kind sinnleere Silbenfolgen mit steigendem Schwierigkeitsgrad nachsprechen.

PET: Der Psycholinguistische Entwicklungstest nach Angermeier [4] besteht aus mehreren Untertests. Unter anderem wird die Fähigkeit überprüft, aus Einzelelementen - also einzelnen Lauten - Wörter zu bilden. Dabei handelt es sich sowohl um sinnvolle als auch um Phantasiewörter („Laute ergänzen“). Im Untertest „Worte ergänzen“ müssen dann Wortfragmente zu sinnvollen Wörtern ergänzt werden bzw. Sätze vervollständigt werden. Beim Zahlenfolgegedächtnistest müssen Zahlenreihen wiederholt werden.

H-LAD: Beim Heidelberger Lautdifferenzierungstest geht es im ersten Teil um Lautdifferenzierung, das heißt, dass die Konsonanten bei Wortpaaren auditiv als gleich oder ungleich (z.B. d/t oder g/k) erkannt und nachgesprochen werden müssen. Beim zweiten Teil, der Lautanalyse, sollen die ersten beiden

Buchstaben von Konsonantenanhäufungen nachgesprochen werden (Brunner et al. [18]).

2.5 Ursachen

Die genaue Ursache einer auditiven Wahrnehmungsstörung ist bis heute nicht vollständig geklärt und wird kontrovers diskutiert, was nicht zuletzt auf die Heterogenität des Syndroms zurückzuführen ist (Schulte-Körne [79]). Die Entwicklung des Hörorgans beginnt bereits in den ersten Wochen der Schwangerschaft und dauert bis zur vollen Ausreifung des gesamten Hörsystems bis zu über zehn Jahren (Ptok & Ptok [74]). Eine mögliche Schädigung während der Entwicklung dieses komplizierten Sinnesorgans ist also zu vielen Zeitpunkten denkbar. Die grundsätzliche Unterscheidung der Ursachen bei Erwachsenen und Kindern erscheint sinnvoll.

Bei Kindern geht man von einer multifaktoriellen Genese aus, bei der sowohl die genetische Disposition als auch die erworbene Hirnfunktionsstörung eine entscheidende Rolle spielen. Außerdem scheint die psychosoziale Umgebung Auswirkungen auf die Entwicklung der auditiven Wahrnehmung bei Kindern zu haben (Kiese-Himmel [50]).

Bei Erwachsenen hingegen, bei denen es sich um eine erworbene auditive Wahrnehmungsstörung handelt, in dem Sinne, dass zuvor keine Störung feststand, kommen zerebrale Durchblutungsstörungen, atrophische Hirnerkrankungen, Multiple Sklerose oder Verletzungen in den jeweiligen Hirnarealen als Ursache in Betracht (Chermak & Musiek [25], Plath [70]).

2.6 Therapie

Die bereits erwähnte Heterogenität der auditiven Wahrnehmungsstörung und ein bisher fehlendes einheitliches Therapiekonzept führen zu verschiedenen Theorien und Ansätzen zur Therapie von zentral fehlhörigen Kindern. Erschwerend kommt hinzu, dass jedes Kind ein ganz individuelles Muster an Teilleistungsschwächen hat, die durch verschiedene audiologische und psychologische Tests, aber auch durch eine ausführliche Anamnese zunächst genau untersucht werden müssen.

Ein Therapiekonzept, das von Esser et al. [36] erarbeitet wurde, beinhaltet folgende Ansätze:

1. intramodale Therapiemethoden: dabei wird versucht, eine *einzelne* auditive Wahrnehmungsfunktion, die als „gestört“ diagnostiziert wurde, soweit wie möglich zu trainieren. Beispiele dazu sind Übungen zur Lautdiskrimination, bei dem aus sinnlosen Wörtern ein vorgegebenes Phonem herausgehört werden soll, oder Übungen zum Lautverbinden.
2. intermodale Therapiemethoden: dabei werden die Funktionen verschiedener Wahrnehmungsbereiche kombiniert miteinander trainiert. Zum Beispiel wird beim Vorlesen eines Diktats, das das Kind dann immer abschnittsweise aufschreiben muss, sowohl die auditive Merkfähigkeit als auch die auditive Differenzierungsfähigkeit überprüft.
3. Auf- und Ausbau von Stützfunktionen: Bei auditiv gestörten Kindern im Schulalter können auch noch weitere Fähigkeiten, bzw. psychische Faktoren beeinträchtigt sein, wie zum Beispiel Konzentration, Motivation, Arbeitsstil, Selbstvertrauen und Frustrationstoleranz. Diese Faktoren unterstützen bzw. behindern – je nach ihrem Ausprägungsgrad – die geforderten auditiven Wahrnehmungsleistungen. Aus diesem Grund ist eine psychologische Untersuchung und Betreuung der Therapie ausgesprochen hilfreich. Cramer [27] beschreibt sehr eindrucksvoll, wie

mit Hilfe von Motivation und positiver Verstärkung - in Zusammenarbeit mit dem Kind, den Eltern, der Schule und dem Psychologen - die Leistungen zentral wahrnehmungsgestörter Kinder durch Übungen im intra- und intermodalen Wahrnehmungsbereich stark verbessert werden konnten.

Durch gezieltes Hörtraining können Teilbereiche der auditiven Wahrnehmung trainiert und verbessert werden (Musiek & Berge [67]). Die Fähigkeit des Gehirns, Schwächen in einem Teilbereich durch Übung zu kompensieren und dabei andere Strukturen vermehrt zu nutzen, bezeichnet man als Plastizität. Diese Plastizität scheint besonders in den höher gelegenen Cortexarealen, die komplexe Aufgaben zu bewältigen haben, vorhanden zu sein (Gengel & Hirsh [38], Neisser & Hirst [68]).

Neben den so genannten „übenden Verfahren“ (Ptok et al. [73]), bei denen einzelne Teilbereiche der auditiven Wahrnehmung gezielt trainiert werden, existieren auch Verfahren, die zu einer besseren Kompensation der Teilleistungsschwächen eingesetzt werden. Dabei geht es zum Beispiel um das Ablesen von Lippenbewegungen. Außerdem sollten die häuslichen und schulischen Gegebenheiten soweit wie möglich an die betroffenen Kinder angeglichen werden. Akustische Störquellen, wie zum Beispiel ein Fernseher der im Hintergrund läuft oder Geschwisterlärm beeinträchtigen, diese Kinder besonders stark. Auch in der Schulklasse muss über eine Verbesserung der akustischen Situation nachgedacht werden. Mit einem geeigneten Sitzplatz – möglichst weit vorne, Blick auf den Lehrer – und einem reduzierten Schallpegel kann man die Rahmenbedingungen bereits entscheidend verbessern (Katz & Wilde [46]). Bei Kindern mit besonders stark ausgeprägter auditiver Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörung kann der Wechsel in eine Schule für Schwerhörige zur Entfaltung von Lern- und Leistungsfähigkeit verhelfen, da die angeführten Rahmenbedingungen dort für die schwerhörigen Kinder schon vorhanden sind (Zierath [99], Keppner [49]).

Auf Grund der Heterogenität der auditiven Wahrnehmungsstörung muss für jeden Patienten ein individuelles Therapiekonzept entwickelt werden, das im

weiteren Verlauf entsprechend der bereits erzielten Erfolge angepasst werden sollte (Musiek et al. [64]).

Leider liegen nur wenige Studien zum Erfolg therapeutischer Interventionen oder zur Prognose bei auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen vor (Hesse et al. [41]). Auch wenn im Einzelfall durch die beschriebenen Therapiemöglichkeiten eine Verbesserung der auditiven Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörung möglich war, kann daraus noch keine sichere Abschätzung der Therapieerfolgs im Rahmen eines Gesamtkonzeptes gewonnen werden (Ptok et al. [73]).

3. Material und Methoden

3.1 Marburger Reimtest im Störgeräusch

3.1.1 Testaufbau

Bei der Entwicklung eines neuen Hörtests für Kinder müssen verschiedene Grundvoraussetzungen an Testaufbau und Testmaterial erfüllt sein.

Da das Verstehen von Sprache komplexer als die Wahrnehmung von einzelnen Tönen ist, eignen sich Sprachverständlichkeitstests, bei denen Wörter oder Sätze verstanden werden müssen, besser zur Diagnostik als zum Beispiel die Tonaudiometrie (Wagener et al. [92]). Alle verwendeten Wörter müssen im Wortschatz (zumindest im passiven Wortschatz) des Kindes vorhanden sein. Der Test sollte mehrere Antwortmöglichkeiten bereithalten, also ein geschlossenes Format haben. Das hat den Vorteil, dass der Versuchsleiter das vom Patienten verstandene Wort nicht auf Grund der Wortwiederholung des Patienten beurteilt, so dass der Test automatisierbar und weitgehend unabhängig vom Einfluss des Versuchsleiters ist (v. Wallenberg & Kollmeier [90]). Für ein geschlossenes Antwortformat müssen die Wörter gut bildlich darstellbar sein (Kliem & Kollmeier [51]). Die Überlagerung der getesteten Wörter mit einem Störschall führt auf der einen Seite zu realitätsnahen Untersuchungsbedingungen (Klassenzimmer, Fernseher im Hintergrund) (Döring & Hamacher [32]), auf der anderen Seite wird damit ein Teil der zentralen Hörverarbeitung getestet, der bei der auditiven Wahrnehmungsstörung beeinträchtigt ist. Normwertuntersuchungen haben gezeigt, dass gesunde Probanden keinerlei Nachteile in Bezug auf die Lautdiskrimination haben wenn ein Störgeräusch vorhanden ist (Bungert-Kahl et al. [19]). Die genannten Kriterien haben sich bei der Entwicklung von Sprachtests bewährt und wurden deshalb auch beim Marburger Reimtest im Störgeräusch berücksichtigt (Achtzehn et al. [1], Wagener et al. [92]).

Mit den genannten Vorgaben wurde von Clemens [26] der Marburger Reimtest im Störgeräusch entwickelt. Es handelt sich dabei um ein computerunterstütztes Testverfahren, das Probleme in der Lautdiskrimination im Störgeräusch aufdecken soll.

Getestet wird dies anhand von vier verschiedenen Wörtern:

Hunde, Runde, Kunde und Wunde.

Diese Wörter stammen aus einem Testwortinventar, das bei Kliem [52] exakt beschrieben und Grundlage mehrerer audiometrischer Tests für Kinder ist. Allen diesen Worten ist gemein, dass sie 2-silbig sind - die in der deutschen Sprache am häufigsten vorkommende Wortstruktur - (Kliem [52]), sich lediglich im Anlaut unterscheiden, eine gute bildliche Darstellungsmöglichkeit haben und dass sie im kindlichen Wortschatz vorhanden sind.

Die Wörter werden während der Testsituation von einem Störgeräusch überlagert. Bei dem verwendeten Störgeräusch handelt es sich um ein bereits von Kollmeier [55] verwendetes sprachsimulierendes Rauschen. Es entsteht durch die 32-fache Überlagerung zweisilbiger Testwörter aus dem Testwortinventar Sotschecks [83]. Dadurch, dass das Störgeräusch das gleiche Langzeitspektrum wie das verwendete Sprachmaterial hat, wird die beste Verdeckung der getesteten Wörter erreicht und die Steilheit der Verständlichkeitsfunktion steigt an (Wagener & Kollmeier [91]).

Grundsätzlich kann man nach vom Hovel [89] die Sprachverständlichkeit im Störgeräusch in zwei unterschiedlich konstruierten Versuchsbedingungen messen.

1. Das Verhältnis der Schalldruckpegel von Zielschall und Störschall bleibt konstant. Für einen Wortkatalog werden für die verschiedenen akustischen Situationen die relativen Verständlichkeiten in Prozent ermittelt und dann miteinander verglichen.

2. Man verändert das Verhältnis der Zielschall/Störschalldruckpegel immer mehr, bis man für ein Wort die 50%-ige Verständnisschwelle gefunden hat. Diese Verständnisschwelle wird für unterschiedliche akustische Situationen ermittelt, die danach miteinander verglichen werden können.

Die erste Methode wird durch nicht relevante Faktoren stark beeinflusst und erschwert daher einen Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Studien (vom Hövel [89]).

Bei der zweiten Methode werden diese nachteiligen Einflüsse vermieden, weshalb dieses Verfahren als Grundlage zur Ermittlung des binauralen Hörgewinns für den Marburger Reimtest dient.

Aus den Zielschall/Störschallverhältnissen kann man nun die Differenz ermitteln und erhält damit den Lautheitsunterschied der beiden Wörter in einer bestimmten akustischen Situation. Vergleicht man nun die Differenzen der Verständlichkeitsschwellen in unterschiedlichen Situationen miteinander, kann man Aussagen darüber treffen, ob in einer bestimmten akustischen Situation nun ein Vorteil oder auch Nachteil vorhanden ist. Die ermittelte Differenz der Verständlichkeitsschwellen bezeichnet man als Intelligibility Level Difference (ILD). Sie wird in Dezibel (dB) angegeben. Eine positive ILD sagt aus, dass in der getesteten akustischen Situation das Zielgeräusch um den angegebenen ILD-Wert in dB leiser sein darf, um genauso gut gehört zu werden wie in einer Referenzsituation – es besteht also ein **Hörgewinn** durch die veränderte akustische Situation. Umgekehrt werden Hörverluste mit einer negativen ILD ausgedrückt. Die Referenzsituation muss immer mit angegeben werden.

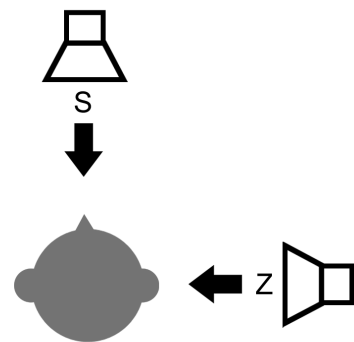
Neben der ILD kann man noch die BILD, den Binaural Intelligibility Level Difference angeben. Sie beschreibt – ähnlich wie die ILD – den Hörgewinn oder –verlust, den man durch die binaurale Schallverarbeitung hat. In der Referenzsituation steht in diesem Fall nur ein Ohr zur Verfügung (monaurale Schallverarbeitung).

Die Definition wird für die BILD nach vom Hövel [89] derart festgelegt, dass sie die Verständlichkeitsschwellendifferenz für 50%iges Sprachverstehen zwischen der binauralen und der monauralen Situation darstellt. Dadurch kann also genau der Hörgewinn ermittelt werden, der durch die binaurale Signalverarbeitung und damit durch einen zentralen Verarbeitungsprozess erreicht wurde.

Im Marburger Reimtest werden die ILD und die BILD anhand der folgenden drei akustisch-räumlichen Situationen ermittelt. Dabei wird mit Hilfe eines Kopfhörers eine Simulation von Freifeldbedingungen erzeugt.

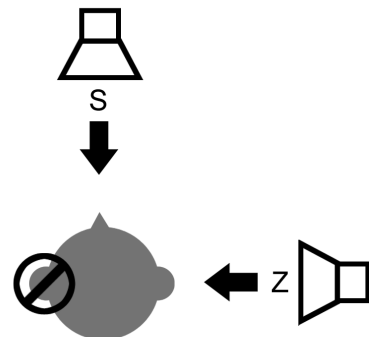
Situation 1 „bin/re“

Die Störschallquelle befindet sich direkt frontal vor der Testperson. Die Zielschallquelle genau rechts von ihr. Zum Hören stehen beide Ohren zur Verfügung. Im folgenden ist diese Situation mit „bin/re“ abgekürzt.



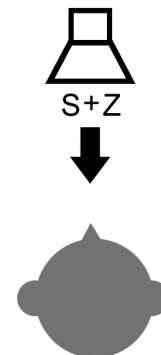
Situation 2 „mon/re“

Die Anordnung von Störschallquelle und Zielschallquelle ist in dieser Situation gleich. Im Gegensatz zu „bin/re“ steht hier aber nur das rechte Ohr zur Verfügung, da der linke Teil des Kopfhörers stumm geschaltet ist. Damit wird eine einseitige Taubheit links simuliert. Diese Situation wird im folgenden mit „mon/re“ abgekürzt.



Situation 3 „bin/fro“

Diesmal befinden sich sowohl Störschall- als auch Zielschallquelle frontal vor der Testperson. Zum Hören stehen beide Ohren zur Verfügung. Im folgenden wird hierfür die Abkürzung „**bin/fro**“ verwendet.



Erläuterung zur Abbildung: S = Störgeräusch – Z = Zielgeräusch

Abbildung 5: Skizzierte Abbildung der verwendeten akustisch-räumlichen Situationen

Die ILD und die BILD werden dann folgendermaßen errechnet:

Die **ILD** ist die Differenz zwischen den Verständnisschwellen der Situation 3 und 1:

$$ILD = S (\text{bin/fro}) - S (\text{bin/re})$$

dabei gilt: S = Verständnisschwelle für 50%iges Verstehen

bin/fro = Referenzsituation

Die **BILD** ist die Differenz zwischen den Verständnisschwellen der Situation 2 und 1:

$$BILD = S (\text{mon/re}) - S (\text{bin/re})$$

dabei gilt: S = Verständnisschwelle für 50%iges Verstehen

mon/re = Referenzsituation

Die 50%ige Verständnisschwelle wurde deshalb als Richtwert verwendet, da die Steigung der Diskriminationskurve (Funktion der relativen Verständlichkeit vom Sprachschallpegel bei konstantem Störschallpegel) an der 50% Marke am

größten ist (vom Hövel [89]) und dort deshalb das aussagekräftigste Ergebnis zu erwarten ist.

Zur Ermittlung der 50%igen Verständnisschwelle wird der Sprachschallpegel immer weiter heruntergefahren, bis ein zweimaliger Umschlag von „verstanden“ zu „nicht verstanden“ erfolgt ist. Die Verständnisschwelle gibt dann das S/Z-Verhältnis an, bei dem ein Wort mit 50%iger Wahrscheinlichkeit richtig verstanden wird.

3.1.2 Testablauf

Vor dem Beginn mit dem eigentlichen Test müssen dem Kind zunächst Inhalt und Ablauf der bevorstehenden Aufgaben erklärt werden. Es ist darauf zu achten, dass das Kind den Testablauf verstanden hat und dass eventuelle Fragen gestellt und beantwortet wurden.

Danach hat dann jedes Kind die Möglichkeit, in einem kurzen Testdurchlauf die verschiedenen akustischen Situationen kennen zu lernen und sich ein bisschen „reinzuhören“. Der Testleiter kann gleichzeitig feststellen, ob noch Unklarheiten bestehen und sich einen ersten Eindruck von der Testperson verschaffen.

Während des gesamten Testablaufes erscheint folgende Bildschirmoberfläche:

Man sieht die vier Felder für die entsprechenden Wörter (Hunde - Runde - Kunde - Wunde) und zwei weitere Felder: eines das das eben gehörte Wort wiederholt und eines, das die Möglichkeit gibt, ein Wort als „nicht verstanden“ zu überspringen. Ein Wort wird immer zeitgleich mit dem Störgeräusch (Rauschen) angeboten.

Nachdem der Startknopf durch den Testleiter gedrückt wurde, hört das Kind über Kopfhörer das erste Wort überlagert vom Störgeräusch. Wenn das Wort erkannt wurde kann das entsprechende Feld mit der Maus angeklickt werden. Der Computer registriert die gegebene Antwort und bietet automatisch das nächste Wort an.

Alle vier Zielwörter werden in drei verschiedenen akustisch-räumlichen Situationen angeboten (siehe Abbildung 5) und im Testverlauf in der Lautstärke variiert, um die 50%ige Verständlichkeitsschwelle herauszufinden.

Zielgeräusch und Störgeräusch befinden sich in jeder Sounddatei in einem fest definierten Verhältnis ihrer Sprachschallpegel (Lautstärke) zueinander. Die Lautstärke des Störgeräusches bleibt während des gesamten Testablaufes konstant, während sich der Schallpegel des Zielgeräusches kontinuierlich verringert. Der Abstand des Schalldruckpegels zwischen Störgeräusch und Zielgeräusch wird im Folgenden als S/Z beschrieben.

Der Computer wählt während des Tests per Zufallsprinzip die Reihenfolge der angebotenen Wörter aus, um evt. Lerneffekte bzw. Verfälschungen des Testergebnisses auszuschließen. Dabei wird jedoch nur das Wort an sich (Hunde, Runde, Kunde oder Wunde) „zufällig“ abgespielt, die Veränderung der S/Z wird nach einem bestimmten Schema durchgeführt, das im Folgenden erläutert wird:

Gestartet wird mit einem relativ günstigen S/Z, in der das Zielgeräusch noch gut verständlich ist. Jede Sounddatei wird vom Computer zweimal, aber nicht unmittelbar hintereinander angeboten und als „falsch gehört“ oder „richtig gehört“ gespeichert. Wurde ein Wort zweimal richtig erkannt, wird dieser S/Z als bestanden gewertet und das Zielgeräusch anschließend um 2 dB leiser angeboten. Wurden beide Wörter nicht erkannt, wird der S/Z wiederum um 2 dB vergrößert und damit die Hörsituation vereinfacht. Wurde einmal richtig und einmal falsch getippt, wird die Datei ein drittes Mal angeboten und danach die Entscheidung getroffen.

Der Computer ermittelt auf diese Weise den S/Z, bei dem noch 50% der angebotenen Wörter verstanden werden. Dieser Wert wird für alle vier Wörter in jeweils drei akustisch-räumlichen Situationen ermittelt, um später die Berechnungen von ILD und BILD vornehmen zu können.

Zusätzlich zum Verständnisk Gewinn bei der 50%igen Schwelle werden auch noch die Verständnisk Gewinne knapp ober- und unterhalb dieser Schwelle ermittelt (jeweils 2 dB). Später soll entschieden werden, welcher Wert sich am besten für die Diagnostik einer auditiven Wahrnehmungsstörung eignet.

3.1.3 Erste Ergebnisse und Problemdarlegung

Nach der Entwicklung dieses neuen Testverfahrens wurde ihre Praktikabilität und Durchführbarkeit in einer ersten Studie sowohl an einer Patientengruppe (Kinder im Grundschulalter mit einer vordiagnostizierten auditiven Wahrnehmungsstörung) als auch an einer Kontrollgruppe (normalhörende Kinder der gleichen Altersgruppe) getestet. Aus dieser Studie konnten folgende Aussagen abgeleitet werden (nach Schoder [78]):

1. Der Verständnisk Gewinn durch binaurale Verarbeitung (in Prozent) war in beiden Testgruppen knapp unterhalb (- 2 dB) der monauralen Verständnisschwelle für 50%iges Sprachverstehen am deutlichsten messbar. Demnach ist der Sprachverständnisk Gewinn dann am größten, wenn bei dem Signalabstand (in dB) zwischen Stör- und Zielschall, bei dem in der monauralen Situation schon gerade nichts mehr verstanden wird, das zweite Ohr zur Verfügung gestellt wird und somit binaurales Hören ermöglicht wird.
2. In der Gruppe der auditiv wahrnehmungsgestörten Kinder gab es einige, deren binauraler Verständnisk Gewinn (in %) deutlich geringer war als bei den übrigen Kindern. Dies machte sich insbesondere knapp unterhalb der monauralen Schwelle für 50% Sprachverstehen bemerkbar, da hier der Gewinn normalerweise am größten sein sollte. Da jedoch eine gestörte binaurale Verarbeitung nicht bei allen Kindern mit auditiver Wahrnehmungsschwäche vorhanden ist, konnte sich der eingeschränkte Verständnisk Gewinn auch nicht bei allen Kindern dieser Gruppe nachweisen lassen.

3. Die binaurale Verständlichkeitspegeldifferenz (BILD) war in der Patientengruppe durchschnittlich geringer als in der Kontrollgruppe, d. h. auch bei diesem Maß für den binauralen Hörvorteil konnten Unterschiede zwischen beiden Gruppen festgestellt werden.

Ein Grund dafür könnte sein, dass in 20 % der getesteten Hörsituationen keine 50%ige Verständnisschwelle ermittelt werden konnte, da bei den Voreinstellungen des Computerprogramms die maximale anzubietende Zahl an Sounddateien auf 30 limitiert war. Wie sich schon während der Untersuchungen herausstellte, ist dies auch in der Mehrzahl der Fälle absolut ausreichend. Manchmal ist zu diesem Zeitpunkt aber noch keine eindeutige Schwelle feststellbar. Dadurch kam es bei der Auswertung zu einem Wegfall von wertvollen Daten. Durch den Wegfall dieser großen Datenmenge wurden die Ergebnisse verfälscht und die Validität des Tests ist dadurch kaum noch zu beurteilen.

Aus diesem Grund wurde die Programmierung so verändert, dass nun bis zu 50 Sounddateien für eine Hörsituation angeboten werden. Dadurch soll erreicht werden, dass in allen Hörsituationen ein Ergebnis für die 50%ige Verständnisschwelle ermittelt werden kann, und so eine exakte Auswertung möglich wird.

Ein weiterer Grund scheint grundsätzlich in der gewählten Art der Darstellung der Ergebnisse zu liegen. Insbesondere sollte eine Überarbeitung der Errechnung des binauralen Verständniskewinns an der 50%igen Verständnisschwelle durchgeführt werden. Zurzeit wird dieser Verständniskewinn in Prozent angegeben. Dieser Prozentsatz errechnet sich aus sehr wenigen (teilweise aus ein oder zwei) Sounddateien und nimmt dadurch sehr extreme Werte an. Anhand des Vergleichs von Prozentzahlen wie z.B. 50% oder 100%, die in diesem Beispiel durch ein einziges erkanntes oder nicht erkanntes Wort entstehen können, verändert sich also auch der binaurale Verständniskewinn und damit der wichtigste zu untersuchende Testwert relativ unkontrolliert.

Angesichts der geringen Zahl der Ereignisse, die in die Berechnung einfließen, scheint es notwendig ein neues Bewertungssystem zu entwickeln, das keine Prozentangaben enthält. Diese sind aufgrund der geringen Stückzahl zu starken Schwankungen unterworfen.

3.2 Dichotischer Diskriminationstest nach Uttenweiler

3.2.1 Testaufbau und Testablauf

Dichotische Tests werden schon seit langem in der Diagnostik für auditive Wahrnehmungsstörungen eingesetzt und haben sich in der Praxis bewährt, da sie sehr sensitiv für Störungen in der zentralen Signalverarbeitung sind (Musiek [66]). Der dichotische Diskriminationstest nach Uttenweiler [87] wurde in seiner ursprünglichen Form 1980 entwickelt und ist seitdem ein wesentlicher Bestandteil der Diagnostik auditiver Wahrnehmungsstörungen an vielen deutschen Kliniken. Dieser Test existiert für zwei Altersgruppen: zum einen für Erwachsene und in einer Version für Kinder, die sich nach dem kindlichen Wortschatz richtet.

Im Original-Testablauf besteht der Test aus fünf Wortgruppen A, B, C, D und E, die jeweils aus fünf dreisilbigen Wortpaaren bestehen.

Während des Tests bekommt das Kind nun über Kopfhörer jeweils ein Wortpaar vorgespielt. Dabei wird dem linken Ohr das eine und dem rechten Ohr das andere Wort eines jeden Wortpaares synchron vorgespielt. Für die vollständig richtige Wiedergabe eines Testwortes mit Artikel erhält man 20%, wird ein Wort nur teilweise reproduziert, bekommt man nur 10%. Nachdem alle fünf Wortpaare einer Gruppe abgespielt worden sind, wird die Leistung in Prozent bewertet. Für die vollständig richtige Wiedergabe aller fünf dichotisch dargebotenen Wortpaare werden 100% Verständlichkeit je Ohr erreicht.

Zu Beginn des Tests wird mit einer Lautstärke von 65 dB gearbeitet. Erreicht die Testperson nicht 100%, wird der Schallpegel um 5 dB angehoben und zur nächsten Wortgruppe übergegangen. So wird die Lautstärke schrittweise bis zur Wortgruppe E erhöht. Sobald die Testperson in einer Wortgruppe 100% Verständnis erreicht, wird der Test beendet.

Bisher wurde ein Ergebnis dann als unterdurchschnittlich bewertet, wenn auch nach Steigerung des Pegels bis zur Gruppe E nicht mindestens 100% auf dem einen und 80% auf dem anderen Ohr verstanden wurden.

3.2.2 Problemdarlegung

Probleme entstanden nach dem alten Durchführungs- und Auswertungsmodus sowohl bei der statistischen Berechnung als auch beim interindividuellen Vergleich der Ergebnisse.

Beispielhaft sollen die Probleme bei der Bewertung der Ergebnisse anhand eines konkreten Ergebnisses erläutert werden:

Die erbrachte Testleistung wird stets durch ein Werte-Triplet ausgedrückt, die die Verständlichkeit für beide Ohren in Prozent und die verwendete Lautstärke beinhaltet (z.B. 60% rechts / 60% links / 65 dB). Es besteht nun keine einheitliche Meinung darüber, ob etwa eine beidseitige Verständlichkeit von 60% bei einem Pegel von 65 dB eine bessere oder schlechtere Leistung darstellt als ein Ergebnis mit einer beidseitigen Verständlichkeit von 70% bei 70 dB. Das Ergebnis wird außerdem nur durch die Gruppe repräsentiert, in der die Verständlichkeit am höchsten war. Leistungsschwankungen während des Tests gehen nicht in die Endbewertung mit ein. Aufgrund der unterschiedlichen verwendeten Schallpegel während des Tests ist es auch statistisch gesehen nicht zulässig, später eine auf alle Wortgruppen bezogene mittlere Verständlichkeit zu errechnen (Macht [58]).

Abbildung 7 erläutert ein weiteres Problem beim interindividuellen Vergleich, da eine Vielzahl von unterschiedlichen Antwortmöglichkeiten zu ein und

demselben Ergebnis führen kann. Die tatsächlich erbrachte Leistung im dichotischen Hören ist aus dem Testergebnis nicht ablesbar. Folgende Testabläufe sind für das gleiche Ergebnis (60% rechts / 60% links / 65 dB) möglich:

Linkes Ohr 65 dB	%	Rechtes Ohr 65 dB	%
1. Fall			
das Taschentuch	20	der Kinderstuhl	20
der Dachziegel	20	die Sparbüchse	20
der Schuhlöffel	20	die Handschuhe	20
die Kinderuhr	0	der Fußballplatz	0
das Bilderbuch	0	der Suppentopf	0
Summe	60		60
2. Fall			
das Taschentuch	20	der Kinderstuhl	10
der Dachziegel	10	die Sparbüchse	10
der Schuhlöffel	10	die Handschuhe	10
die Kinderuhr	10	der Fußballplatz	10
das Bilderbuch	10	der Suppentopf	20
Summe	60		60
3. Fall			
das Taschentuch	20	der Kinderstuhl	0
der Dachziegel	0	die Sparbüchse	20
der Schuhlöffel	20	die Handschuhe	0
die Kinderuhr	0	der Fußballplatz	20
das Bilderbuch	20	der Suppentopf	20
Summe	60		60

Abbildung 6: Bisheriger Auswertungsmodus des dichotischen Diskriminationstest
Entnommen aus: Berger, Macht, Beimesche: Probleme und Lösungsansätze bei der
Auswertung des dichotischen Diskriminationstests für Kinder, HNO 1998

Im ersten Fall wird eine 60 %ige Verständlichkeit durch dichotisches Hören erreicht.

Im zweiten Fall wird jedem Ohr eine Teilaufmerksamkeit geschenkt, jedoch kaum eines der angebotenen Wörter vollständig richtig reproduziert. Ohne ein

einziges Wortpaar korrekt wiedergegeben zu haben und somit korrekt **dichotisch** verarbeitet zu haben, bekommt der Proband die gleiche Prozentzahl.

Im dritten Fall wird schließlich die Aufmerksamkeit entweder auf die eine oder die andere Seite gelenkt. Obwohl das Kind offensichtlich nicht in der Lage ist, sich auf beide Ohren gleichzeitig zu konzentrieren, wird eine beidseitige Verständlichkeit von 60% erreicht.

Durch die ungenaue Auswertung ist der Test nicht in der Lage, das dichotische Hören exakt zu bewerten. Die daraus resultierenden Testergebnisse sind in ihrer Aussagekraft so vermindert, dass manche Untersucher zu dem Schluss kamen, dass der Test keine ausreichende Trennschärfe besitzt, um einen festen Platz in der Diagnostik der auditiven Wahrnehmungsstörung zu haben (Wohlleben, Nubel, Gross [98]).

3.2.3 Neuer Testablauf und Auswertung

Um eine einheitliche Bewertung und interindividuelle Vergleiche möglich zu machen, wurde ein neues, strengeres Bewertungsverfahren entwickelt und in ersten Studien bereits sowohl an gesunden als auch an auffälligen Kindern getestet (Berger & Demirakca [11 + 12]). Ziel war es, den Versuchsaufbau und die Bewertung so abzuändern, dass sowohl verschiedene statistische Berechnungen möglich sind, als auch dass eine Aussage über die Fähigkeit des dichotischen Hörens kurz und übersichtlich dargestellt werden kann.

Im neuen Versuchsaufbau wird fortwährend mit der gleichen Lautstärke gearbeitet. Dabei hat sich die Lautstärke von 70 dB als besonders vorteilhaft erwiesen (Berger, Macht, Beimesche [13]).

Die Wörter der Wortgruppe A werden als sogenannte Übungswörter monaural - also nacheinander - angeboten und sollten bei der vorgegebenen Lautstärke von 70 dB zu 100% reproduziert werden können. Ist dies nicht möglich, muss von einer höhergradigen peripheren Hörminderung ausgegangen werden, die

die Ergebnisse der zentralen Hördiagnostik stark beeinflussen wird. Die monaurale Anfangsphase ermöglicht den Kindern eine erste Orientierung in der Testsituation, bevor der schwierigere, dichotische Teil beginnt. Die verbleibenden 20 Wortpaare der Gruppen B bis E werden im Folgenden ohne weitere Verzögerung in dichotischer Form abgespielt.

Das bisherige Verfahren zur Beurteilung der Testleistung anhand von Prozentwerten wird durch ein Punktesystem ersetzt. Für ein vollständig wiedergegebenes Wortpaar (vollständige Wiedergabe beider Wörter mit richtigem Artikel) wird im neuen Auswertemodus 1 Punkt vergeben. Dadurch ergibt sich eine mögliche Gesamtpunktzahl von 20 Punkten. Das erreichte Ergebnis lässt sich also mit nur einer Zahl ausdrücken und ermöglicht so einen direkten Vergleich zu evt. bestehenden vorherigen Tests, aber auch mit Testergebnissen anderer Kinder im gleichen Alter.

Berger und Demirakca [11] haben bereits bei der Entwicklung des neuen Auswerteverfahrens eine Einteilung in vier Leistungsbereiche vorgeschlagen:

Bereich 1:	0-5	Punkte	Versagen
Bereich 2:	6-10	Punkte	sehr schwaches Ergebnis
Bereich 3:	11-15	Punkte	schwaches Ergebnis
Bereich 4:	16-20	Punkte	Ergebnis im Erwartungsbereich

Tabelle 1: Einteilung des Testergebnisses in vier Leistungsbereiche

Während der ersten Untersuchungen bestätigte sich die Einteilung der Leistungsbereiche in vier Gruppen (Berger, Demirakca [12]). Eine endgültige Bestätigung, besonders für die sogenannte „Bestehensgrenze“, die den Erwartungsbereich für unauffällige Kinder von denen mit einer auditiven Wahrnehmungsstörung abgrenzt, muss aber noch in der vorliegenden Studie ermittelt werden.

Eine Seitenpräferenz ist zwar anhand der neuen Darstellung des Testergebnisses auf den ersten Blick nicht mehr ersichtlich, kann aber - als

ergänzende Information - jederzeit aus dem vorliegenden Testprotokoll abgelesen werden. So lassen sich möglicherweise Hinweise auf eine Hemisphärendominanz ableiten.

4. Durchführung

4.1 Studieninhalt und Zielsetzung

Wie schon in den vorigen Beschreibungen angedeutet wurde, stehen zwar für die audiologische Überprüfung der peripheren Hörbahnabschnitte eine große Anzahl validierter diagnostischer Verfahren zur Verfügung, auf dem Gebiet der Diagnostik der zentralen Hörstörungen werden aber immer noch neue Verfahren erprobt und bereits bestehende weiterentwickelt.

Der Inhalt der vorliegenden Studie befasst sich speziell mit der Weiterentwicklung und Überprüfung neuer Testverfahren bzw. der weiteren Validierung eines neuen Bewertungssystems.

Dafür wurden zwei Tests

- der *Marburger Reimtest im Störgeräusch* und
- der *dichotische Diskriminationstest nach Uttenweiler*

an einer Gruppe unauffälliger, normalhörender Kinder im Grundschulalter durchgeführt. Dabei sollen Daten zur Normwerterhebung bei gesunden Kindern gewonnen werden. Diese Daten können dann mit Untersuchungsergebnissen von bereits als krank diagnostizierten Kindern verglichen werden und damit helfen, die untersuchten Testverfahren zu bewerten.

Die exakten Ziele der Untersuchungen werden im Folgenden genauer ausgeführt:

4.1.1 Marburger Reimtest im Störgeräusch

Während der ersten Überprüfung zur Praktikabilität und Durchführbarkeit dieses neuen, computergestützten Verfahrens konnten fast alle postulierten Thesen zum Hörgewinn bestätigt werden. Der Test würde sich damit eignen, die Fähigkeit zur binauralen Hörverarbeitung - einen Teilbereich des zentralen Hörvermögens - zu testen. Durch die fehlende Signifikanz dieser Aussagen konnte jedoch noch keine abschließende Bewertung dieses neuen Testverfahrens abgegeben werden. Es ist also noch nicht beantwortet ob sich der Marburger Reimtest für die Diagnostik der auditiven Wahrnehmungsstörung als Standard-Testverfahren eignet.

Weiterhin stellten sich im Laufe der Untersuchung einige technische Probleme heraus, die in einer neuen Softwareversion beseitigt wurden und nun einer neuen Überprüfung bedurften. Dazu gehörte unter anderem die bereits erwähnte Erhöhung der maximal angebotenen Sounddateien auf 50, um eine exakte Ermittlung der 50%igen Verständnisschwelle in allen Fällen zu ermöglichen.

Außerdem war es notwendig, erneut eine Gruppe normalhörender Kinder ohne auditive Wahrnehmungsstörung zu testen, um Normwerte zu erhalten, die dann im Vergleich mit einer auffälligen Kontrollgruppe betrachtet werden sollen. Die Gruppen wurden dabei bewusst größer gewählt, um später statistisch signifikante Aussagen treffen zu können.

Es wurde eine neue Auswertungsmethode entwickelt und die gewonnenen Ergebnisse wurden nach alter und neuer Auswertung statistisch untersucht und dann verglichen.

Danach sollen die Ergebnisse anhand der alten und der neuen Auswertungsmethode statistisch untersucht werden.

Folgende Fragen sollen dabei geklärt werden:

- a) Bestätigen sich die Ergebnisse aus der ersten Studie mit einer größeren Anzahl von Probanden?
- b) Gleichen sich die Ergebnisse nach alter und neuer Auswertung?
- c) Ist dies nicht der Fall, welche Auswertung ist aussagekräftiger und soll in Zukunft beibehalten werden?
- d) Ist der Test langfristig einzusetzen um als fester Bestandteil bei der Diagnostik von auditiven Wahrnehmungsstörungen bei Kindern bestehen zu bleiben?

4.1.2 Dichotischer Diskriminationstest nach Uttenweiler

Durch den von Berger und Demirakca erarbeiteten neuen Auswertemodus ergibt sich ein völlig neuer Testablauf. Die erste Studie wurde mit Kindern durchgeführt, bei denen bereits eine auditive Wahrnehmungsstörung diagnostiziert worden war. Es wurde dabei der Test nach Uttenweiler einmal in der herkömmlichen Art und danach noch einmal mit neuem Testablauf und verändertem Auswertungssystem durchgeführt. Dadurch ließ sich bereits sehr gut belegen, dass die neue Auswertung das dichotische Hören strenger bewertet und das Ergebnis, dass nur aus einer Zahl besteht, schneller zu erfassen und besser zu vergleichen ist.

Um eine Aussage über die diagnostische Qualität des neuen Testablaufs machen zu können, sollen die Ergebnisse der Testdurchführungen zwischen einer Patientengruppe (Kinder im Grundschulalter mit einer vordiagnostizierten auditiven Wahrnehmungsstörung) und einer Kontrollgruppe (normalhörende Kinder der gleichen Altersgruppe) verglichen werden.

Folgende Fragen sollen dabei geklärt werden:

- a) Gewährleistet der neue Testablauf einen zügigen und einfachen Ablauf und kann er signifikante Gruppenunterschiede aufzeigen?
- b) Welcher Cut-Off-Wert liefert die aussagekräftigsten Ergebnisse?
- c) Ist die Einteilung in vier Leistungsbereiche sinnvoll?

4.2 Ablauf

4.2.1 Auswahl der Testpersonen

Die vorliegende Studie wurde mit gesunden, normal hörenden Kindern einer Marburger Grundschule durchgeführt. Dazu wurden in Klassen aller Altersstufen Informationszettel ausgegeben, die über den genauen Ablauf und die Ziele dieser Studie informierten. Den Eltern und Kindern wurde auf freiwilliger Basis eine Testteilnahme angeboten.

Für die vergleichenden Untersuchungen mit auffälligen Kindern wurden Daten aus der Patientenkartei der Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie des medizinischen Zentrums für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde der Philipps-Universität entnommen. Hierfür wurden ausschließlich Patienten ausgewählt, bei denen eine auditive Wahrnehmungsstörung bei gleichzeitiger peripherer Normalhörigkeit diagnostiziert worden war. Die Diagnose einer auditiven Wahrnehmungsstörung wird zum einen durch audiometrische (Anamnese und HNO-Ärztliche Untersuchung, Tonaudiometrie, Tympanometrie, Stapediusreflexaudiometrie, Messung otoakustischer Emissionen) und zum anderen durch psychologische Verfahren (Bremer Lautdiskriminationstest, Mottier-Test, Zahlenfolgegedächtnistest und als nichtsprachgebundener Intelligenztest der SPM bzw. CPM) gestellt. Die aufgezählten Untersuchungen wurden jeweils von Fachärzten für Pädaudiologie bzw. einer Diplom-Psychologin durchgeführt und bewertet.

Bei allen diesen Patienten wurde während der Diagnostik sowohl der dichotische Diskriminationstest nach Uttenweiler als auch der Marburger Reimtest im Störgeräusch durchgeführt.

4.2.2 Durchgeführte Voruntersuchungen

Da es sich, wie schon erwähnt, bei der auditiven Verarbeitungsstörung nicht um ein vermindertes peripheres Hörvermögen handelt, musste bei den Testpersonen zunächst eine Mittel- oder Innenohr-Hörstörung ausgeschlossen werden, um später eine exakte Aussage über die Hörverarbeitung und Wahrnehmung des Gehörten treffen zu können.

Wir haben uns in unserer Studie dazu entschlossen, ein Tympanogramm für die Intaktheit des Trommelfells und eine kurze Tonschwellenaudiometrie durchzuführen. Dabei war Aufnahmekriterium, dass alle Töne der Lautstärke 20 dB im Frequenzbereich zwischen 250 und 8000 Hz gehört werden mussten. Beide Verfahren wurden bereits unter Abschnitt 2.1.4 erläutert:

Alle Grundschulkinder, die weder anamnestisch noch nach audiologischen Gesichtspunkten Ausschlusskriterien boten, wurden in die Studie mit aufgenommen. Bei allen diesen Kindern wurde sowohl der dichotische Test nach Uttenweiler in einer abgewandelten Form und der Marburger Reimtest im Störgeräusch durchgeführt.

Das Alter der Kinder der Kontrollgruppe (gesunde Kinder) lag zwischen 7 und 10 Jahren (mittleres Alter: 8,5 Jahre). Es nahmen insgesamt 48 Kinder an der Untersuchung teil – 20 Jungen und 28 Mädchen. Ein Kind musste auf Grund einer unterdurchschnittlichen Audiometrieleistung aus der Studie ausgeschlossen werden.

Für die Patientengruppe wurden die Testergebnisse von 239 Kindern verwendet (157 Jungen und 82 Mädchen), bei denen zuvor in der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie eine auditive Wahrnehmungsstörung

diagnostiziert worden war. Das Alter der Patientengruppe lag zwischen 6 und 11 Jahren (mittleres Alter: 8,2Jahre).

Die Untersuchungen erstreckten sich über einen Zeitraum von 13 Monaten von September 2000 bis November 2001. Sie fanden in einem reizarmen Raum des medizinischen Zentrums für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde in Marburg statt.

4.3 Dokumentation, Auswertung und Statistik

Die erhobenen Daten wurden in anonymisierter Form gespeichert. Die statistische Auswertung erfolgte mit Unterstützung durch Mitarbeiter der Abteilung für Biometrie des Fachbereichs Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg und durch Mitarbeiter des Instituts für medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie der Ludwig Maximilian Universität in München. Für die computergestützte Auswertung wurde das Programm SPSS für Windows, Version 11.0.1 verwendet.

Die Testergebnisse wurden dabei mit Hilfe der deskriptiven und induktiven Statistik dargestellt und analysiert.

Die deskriptive Statistik befasst sich dabei mit dem Zusammenstellen und Ordnen der Daten. Außerdem können charakteristische Kenngrößen und Maßzahlen errechnet werden, von denen folgende später Bedeutung haben werden:

Mittelwert: Bezeichnet das arithmetische Mittel aller Ergebnisse.

Median: Bezeichnet den mittleren Wert aller ermittelten Zahlen und teilt damit die Datenmenge in zwei Hälften. Der Median wird eher bei kleineren Datenmengen verwendet, da er gegen Ausreißer stabiler ist und somit ein valideres Ergebnis liefert.

Standardabweichung: Bezeichnet ein Maß für die Streuung der gesammelten Daten um den Mittelwert und sagt etwas über die Einheitlichkeit der Stichprobe aus.

Sensitivität: Gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass der Test bei einer kranken Person richtig, das heißt „positiv“ reagiert.

Spezifität: Gibt die Wahrscheinlichkeit an, eine gesunde Person bei dem Test ein richtiges, das heißt „negatives“ Ergebnis erhält.

In statistischen Untersuchungen wird in der Regel eine kleine Gruppe an Probanden untersucht, die für die Grundgesamtheit möglichst repräsentativ ist. Am Ende sollen aus den gewonnenen Ergebnissen wieder Rückschlüsse gezogen werden, die für die Allgemeinheit gültig sind.

Dieser Schritt wird durch die Methoden der induktiven Statistik möglich.

Wenn man, wie in der vorliegenden Studie, eine Gruppe von Kranken mit einer gesunden Kontrollgruppe vergleicht, erhält man, im Idealfall, für beide Gruppen unterschiedliche Ergebnisse und möchte dann überprüfen, ob sich die vorher formulierten Hypothesen mit den errechneten Ergebnissen decken. Dazu nimmt man z. B. den t-Test für unverbundene Stichproben. Dieser liefert aber nur dann valide Ergebnisse, wenn die gesammelten Daten wenigstens annähernd normalverteilt sind. Ist dies nicht der Fall – wie auch bei dieser Studie – empfiehlt es sich eine Rangvarianzanalyse, z. B. den U-Test von Mann, Whitney und Wilcoxon zu benutzen (Weiß [95]). Ebenfalls sollte die Anwendung des t-Test kritisch überdacht werden, wenn hohe Standardabweichungen in der Stichprobe vorliegen. Sie gehen in die Berechnungen zur Signifikanz mit ein und können so das Ergebnis verzerren.

Normwerte sollen mit einer Zuverlässigkeit von 95% bestimmt werden.

5. Darstellung der Ergebnisse

5.1 Marburger Reimtest im Störgeräusch

Im folgenden sollen die ermittelten Durchschnittswerte der zu vergleichenden Größen BILD, ILD und der Verständniskern in Prozent bei den drei unterschiedlichen Zielschall/Störschall-Relationen zwischen den Gruppen dargestellt und miteinander verglichen werden.

		BILD	ILD	% Verständniskern bei:		
		In dB		+ 2 dB	0 dB	- 2 dB
Patientengruppe		3,4	4,4	10,2	17,0	49,8
St. Abw.		5,24	8,2	37,66	30,94	34,63
Kontrollgruppe		3,77	5,7	8,72	15,79	44,42
St-Abw.		5,89	5,77	40,84	31,39	37,69

Tabelle 2: Tabellarische Darstellung der Messergebnisse

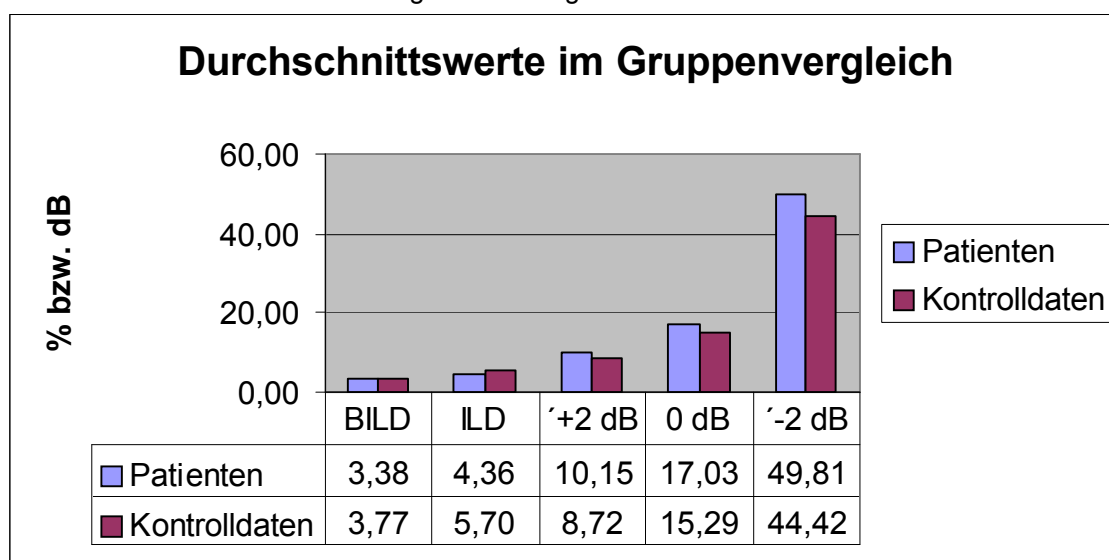


Abbildung 7: Gegenüberstellung der Gruppenmittelwerte für BILD, ILD und binauralem Verständniskern

Für den Testparameter "BILD", der als einziger einen Hörgewinn für die Gruppe der normalhörenden, unauffälliger Kinder erkennen lässt, wird berechnet, ob der Unterschied zwischen den beiden Mittelwerten als signifikant zu werten ist:

Nullhypothese: beide Gruppen haben das gleiche Ergebnis

Alternativhypothese: gesunde Kinder sind besser (einseitig)

Gewähltes Signifikanzniveau: $\alpha = 0,05$

Test Statistics

	BILD
Mann-Whitney U	51953,500
Wilcoxon W	311513,5
Z	-,483
Asymp. Sig. (2-tailed)	,629

Für ein 95%iges Konfidenzintervall mit der Fehlerwahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$ muss in diesem Fall die Nullhypothese bestätigt werden. Die Unterschiede in der BILD zwischen Kontroll- und Patientengruppe sind mit $p=0,629$ größer als 0,05 und damit nicht signifikant.

Ein weiterer Ansatz, um die gewonnen Ergebnisse auszuwerten, beschränkt sich zunächst nur auf den Testparameter BILD. Dieser Wert berechnet sich aus der Differenz der 50%igen Verständnisschwellen der Hörsituationen **mon/re** – **bin/re**. Die BILD nimmt einen positiven Zahlenwert an wenn ein Hörgewinn durch die Mitbenutzung des zweiten Ohres besteht. Ist der Zahlenwert gleich null oder sogar negativ, konnte durch das binaurale Hören und dessen zentrale Verarbeitung kein Hörgewinn erzielt werden. Da sich für die Errechnung des Hörgewinns in Prozent ausgedrückt bisher keine signifikanten Zahlen ermitteln ließen, soll nun als grundlegende Aussage über einen Hörgewinn primär die BILD dienen. Erzielt die Testperson eine BILD (arithmetisches Mittel aller vier Testwörter) die größer null, also positiv ist, gilt der Test als bestanden oder

unauffällig. Ist die BILD kleiner oder gleich null kann nicht von einem Hörgewinn durch binaurale Verarbeitung gesprochen werden. Der Test ist in diesem Fall nicht bestanden.

Die Ergebnisse dieses neuen Auswertungsansatzes werden im folgenden Teil graphisch dargestellt und statistisch berechnet.

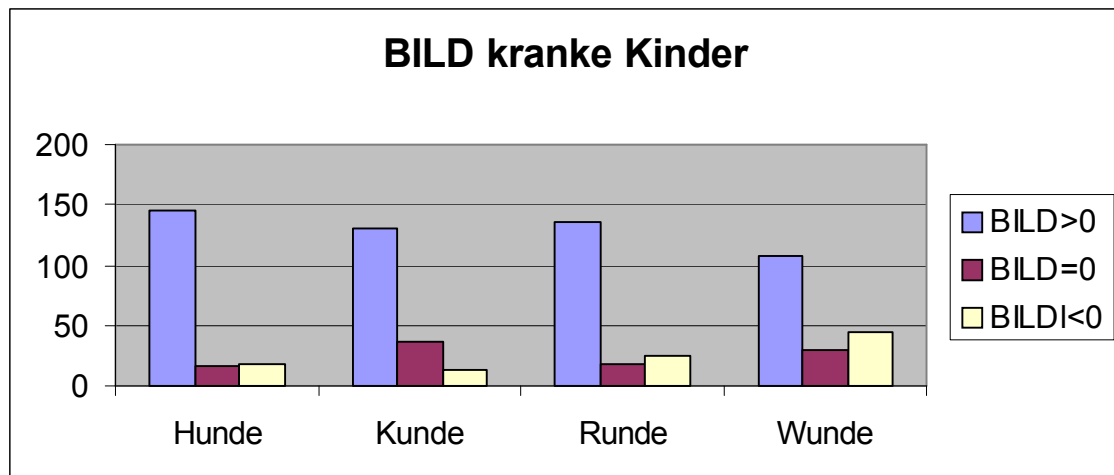


Abbildung 8: Graphische Darstellung der neuen Auswertung, BILD kranke Kinder

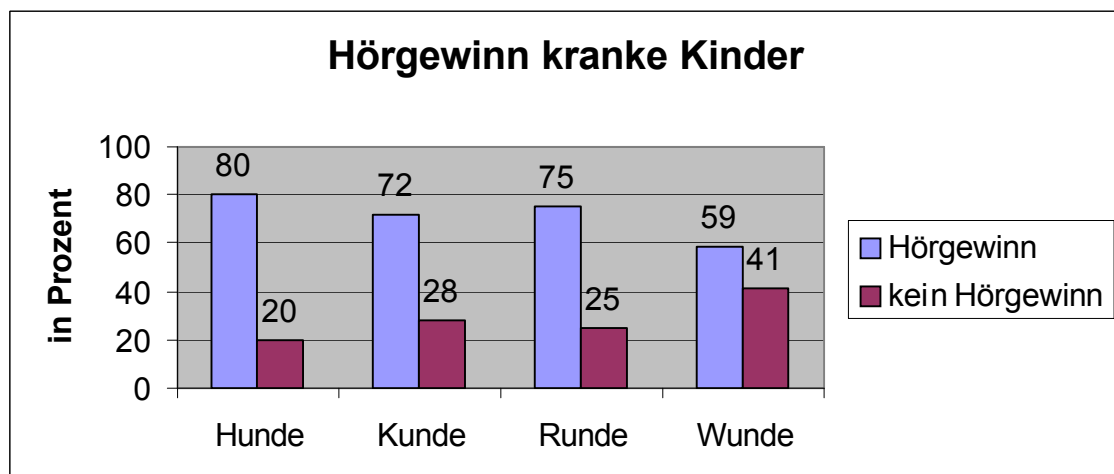


Abbildung 9: Graphische Darstellung des Hörgewinns in Prozent, kranke Kinder

Dazu die Ergebnisse der gesunden Kinder in der Gegenüberstellung:

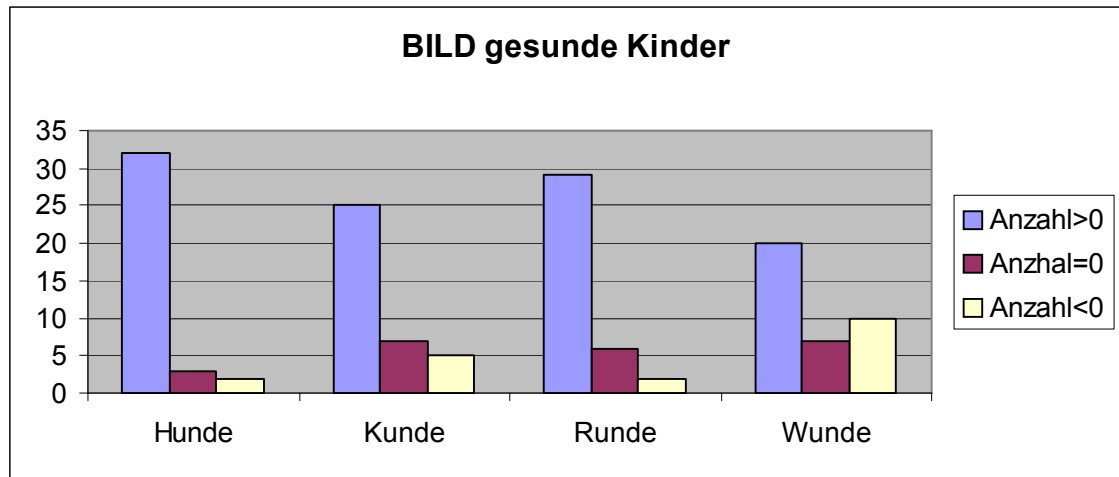


Abbildung10: Graphische Darstellung der neuen Auswertung, BILD gesunde Kinder

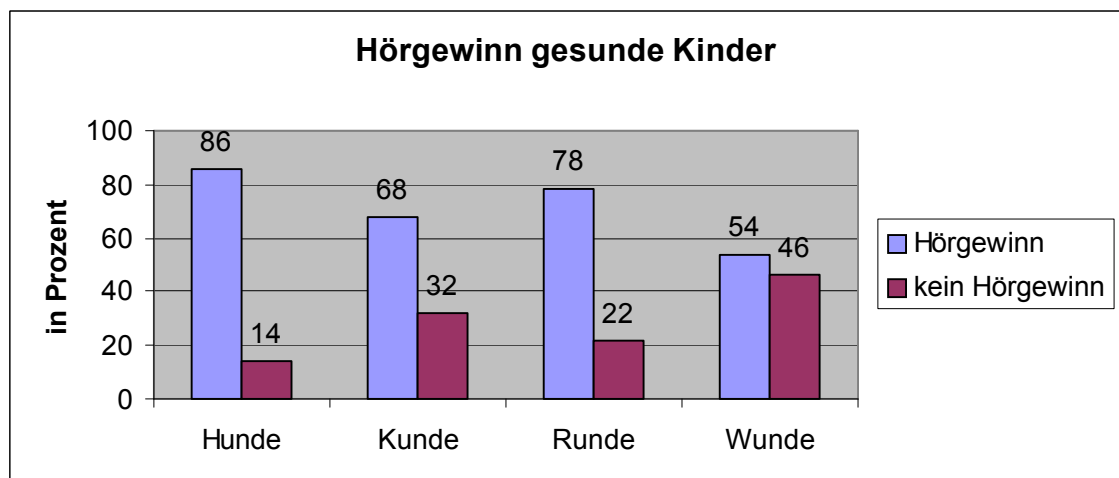


Abbildung11: Graphische Darstellung des Hörgewinns in Prozent, gesunde Kinder

In einer direkten Gegenüberstellung der beiden untersuchten Gruppen kommt man zu folgendem Ergebnis:

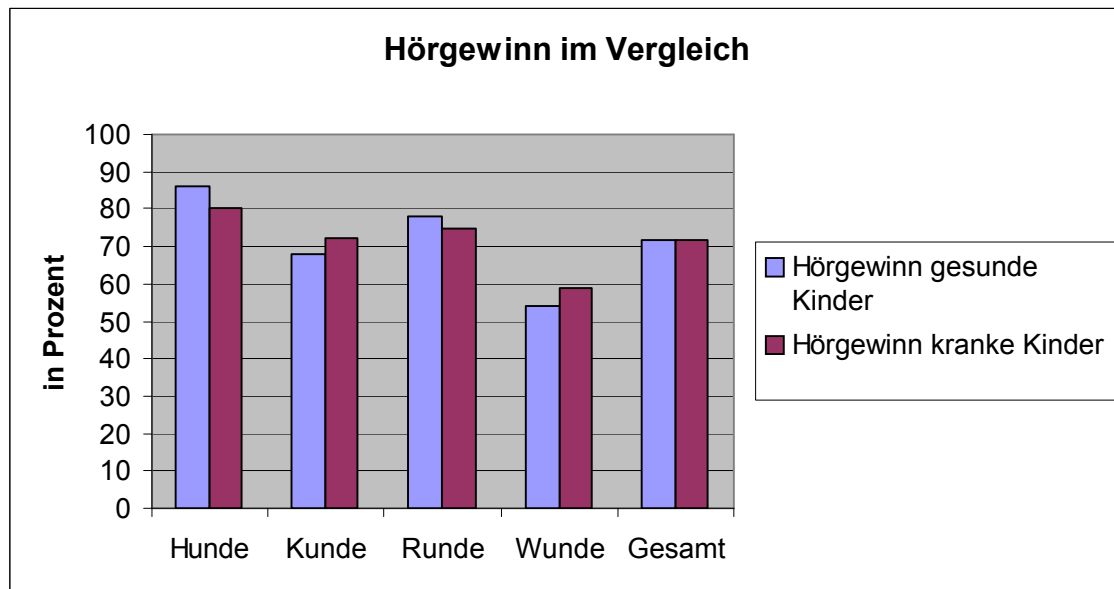


Abbildung 12: Gegenüberstellung des Hörgewinns in Prozent

Der Hörgewinn in Prozent weist hinsichtlich der verschiedenen Wörter Unterschiede auf, die jedoch nicht im statistisch signifikanten Bereich liegen ($p > 0,05$).

Kann bei den Wörtern Hunde und Runde noch ein Hörgewinn durch die binaurale Verarbeitung in der Gruppe der gesunden Kinder gegenüber den kranken Kindern ausgemacht werden, so schneiden bei den anderen beiden Wörtern Kunde und Wunde sogar die auditiv wahrnehmungsgestörten Kinder besser ab als die gesunde Vergleichsgruppe.

Im gemittelten Wert aller vier Wörter sind beide Gruppen identisch.

Weitere statistische Berechnungen sind damit nicht durchzuführen.

5.2 Dichotischer Diskriminationstest nach Uttenweiler

Im Folgenden die graphische Darstellung der Testergebnisverteilung beider Gruppen:

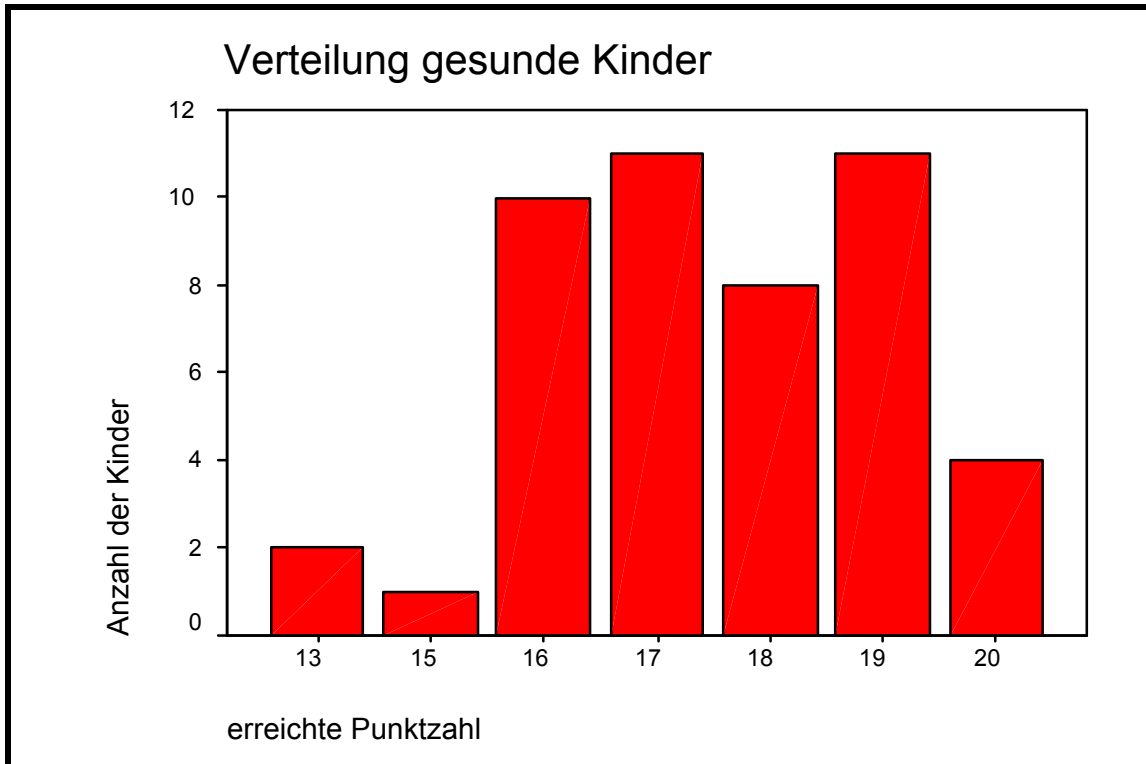


Abbildung 13: Verteilung der Testergebnisse, gesunde Kinder

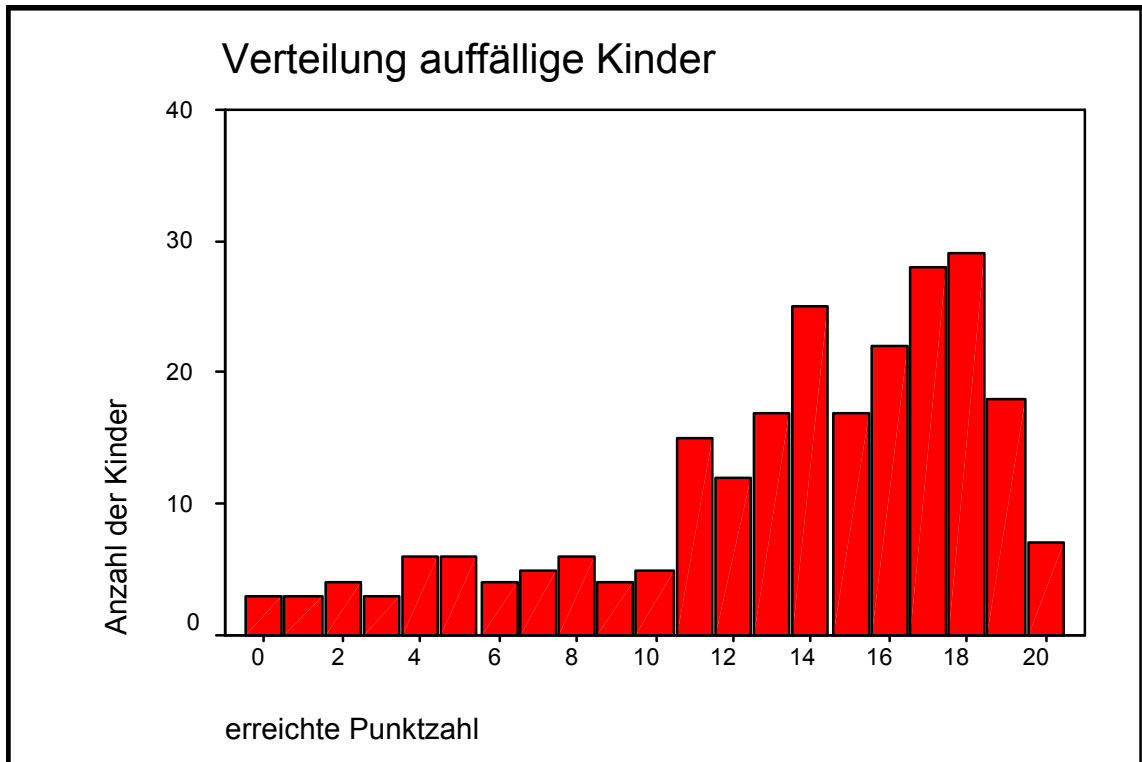


Abbildung 14: Verteilung der Testergebnisse, auffällige Kinder

Deskriptive Statistik:

GESUND

N	Valid	
		47
Mean		17,47
Median		17,00
Std. Deviation		1,640
Minimum		13
Maximum		20

KRANK

N	Valid	
		239
Mean		13,53
Median		15,00
Std. Deviation		4,888
Minimum		0
Maximum		20

Induktive Statistik:

Überprüfen der erhobenen Daten mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests:

Nullhypothese: beide Gruppen haben das gleiche Ergebnis

Alternativhypothese: gesunde Kinder sind besser (einseitig)

Gewähltes Signifikanzniveau: $\alpha = 0,05$

Test Statistics

	ERGEBNIS
Mann-Whitney U	2605,500
Wilcoxon W	31285,500
Z	-5,834
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

Die errechnete Prüfgröße $Z = -5,834$.

Damit ist $p < 0,05$ und das Ergebnis ist als signifikant zu werten.

Die Nullhypothese kann verworfen werden. Die Alternativhypothese wird angenommen.

Zur Festlegung des sogenannten „Cut-Off-Wertes“, also der Wert, bei dem der Test als bestanden bzw. nicht bestanden gewertet wird, bedient man sich den Werten von Sensitivität und Spezifität. Um einen ersten Eindruck der Verteilung zu erhalten, stellt man die errechneten Werte für jede erreichbare Punktzahl graphisch dar und legt die von Sensitivität und Spezifität übereinander. An der Kreuzungsstelle der beiden Kurven kann man den Punkt ablesen, an dem sich die beiden Werte am nächsten sind und so beide Gütekriterien am besten erfüllen.

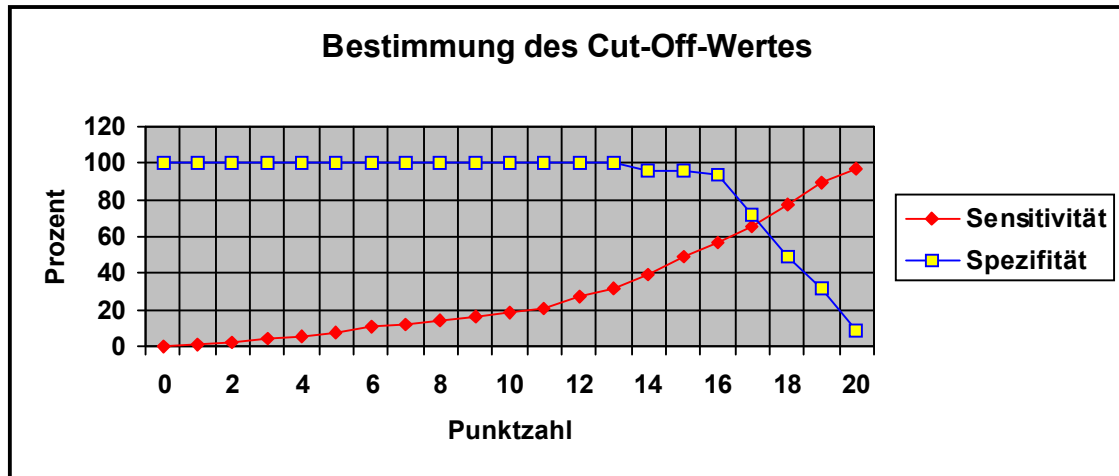


Abbildung 15: Bestimmung des Cut-Off-Wertes mit Sensitivität und Spezifität

Je nachdem was man mit seinem Test erreichen möchte, also eher sicher alle Kranken herausfiltern oder eher Gesunde sicher als gesund zu klassifizieren, ist es sinnvoll, den Cut-Off-Wert in die eine oder andere Richtung zu verschieben.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über mögliche Cut-off-Werte und die damit verbundenen Zahlen für Sensitivität und Spezifität.

Cut-Off Wert	16	17	18
Sensitivität	0,54	0,64	0,76
Spezifität	0,94	0,72	0,51

Eine weitere Möglichkeit die Beziehung zwischen Sensitivität und Spezifität graphisch darzustellen, sind Receiver Operating Characteristic Kurven (ROC-Kurven). Man kann so in kürzester Zeit eine Aussage darüber treffen, inwieweit sich die getestete Messgröße eignet um krank von gesund zu trennen und an welchem Testwert diese Trennung (je nach Test-Einsatzgebiet) am signifikantesten herausgearbeitet wird.

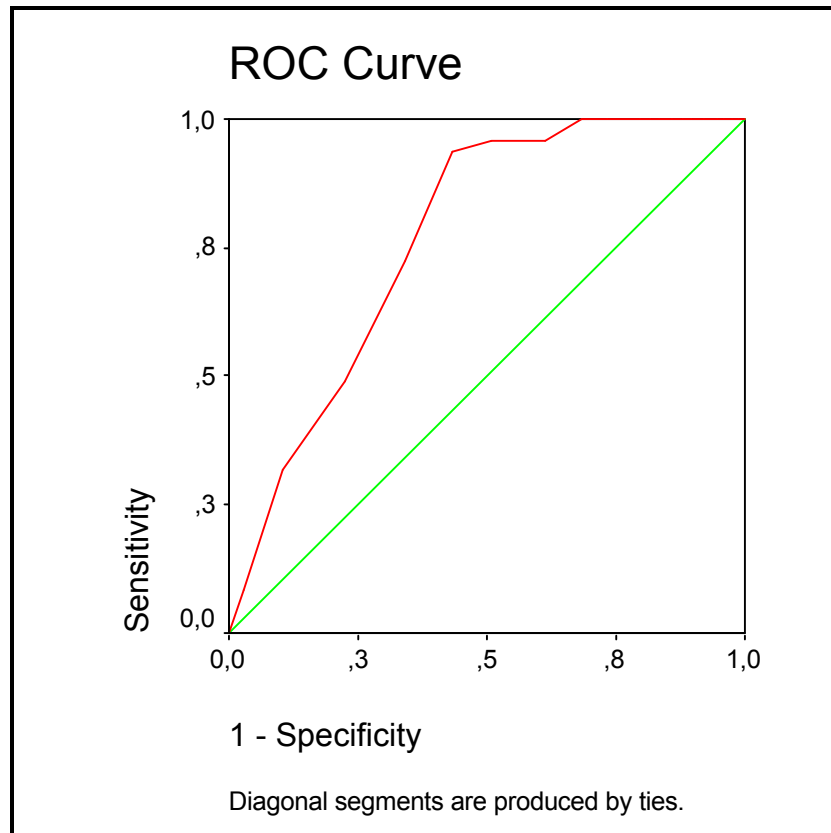


Abbildung 16: ROC-Kurve für den dichotischen Diskriminationstest nach Uttenweiler

Teilt man die Kinder nach ihrem Testergebnis in vier verschiedene Leistungsbereiche ein ergibt sich folgende Übersicht:

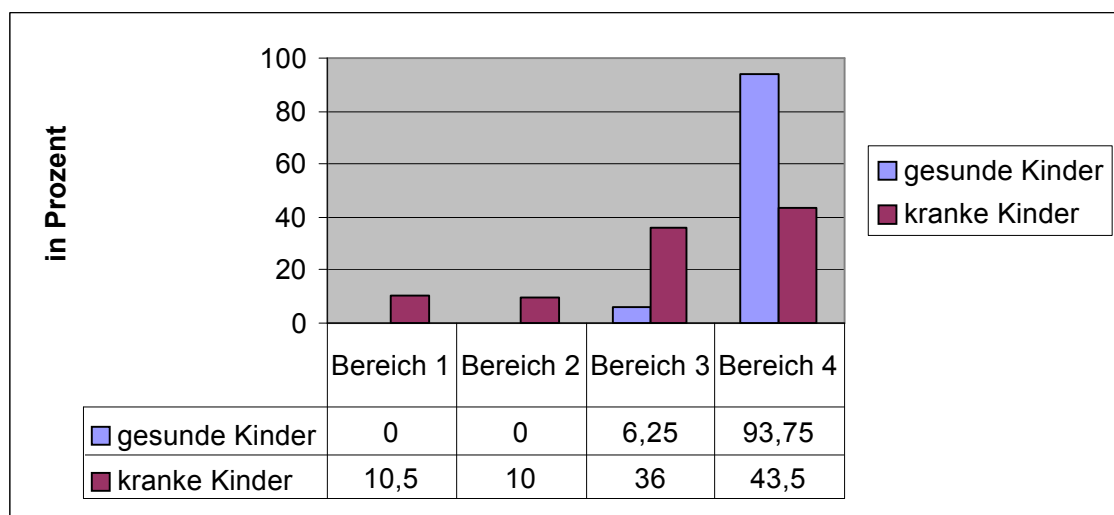


Abbildung 17: Gegenüberstellung der Ergebnisse bei Einteilung in vier Leistungsbereiche

6. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sollten zwei Tests für die Diagnostik auditiv-wahrnehmungsgestörter Kinder an einer Gruppe gesunder Kinder durchgeführt werden und danach mit einer bereits als krank diagnostizierten Kontrollgruppe verglichen werden.

Da sich beide Tests sowohl in ihrem Aufbau, ihrem Entwicklungs- und Anwendungsstadium und bezüglich der zu überprüfenden Kriterien stark unterscheiden, werden sie nacheinander diskutiert.

6.1 Marburger Reimtest im Störgeräusch

6.1.1 Praktische Erfahrungen bei der Anwendung

Der Marburger Reimtest ist ein neues computergestütztes Testverfahren. Das Programm ist sowohl für den Testleiter als auch für die Testpersonen übersichtlich und einfach gestaltet. Besonders Kinder sind für einen Test, der am Computer durchgeführt wird sicherlich sehr motiviert. Der Test dauert insgesamt jedoch ca. 45-50 Minuten, was für viele Kinder gerade in der Endphase, in der das Hören und Differenzieren immer schwieriger wird, eine sehr lange Zeit ist. Auch die gesunden Grundschulkinder hatten teilweise Probleme, sich über diesen Zeitraum zu konzentrieren. Zu einem Abbruch des Tests auf Grund mangelnder Konzentrationsfähigkeit kam es aber nie.

6.1.2 Beurteilung des Testergebnisses

Grundsätzlich zeigen die neuen Berechnungen in vielen Punkten ähnliche Ergebnisse auf, wie in der vorhergehenden Studie.

Insbesondere der Vergleich der 50%igen Verständnisschwellen zeigt wieder den eindeutigsten Verständnisgewinn bei der Gruppe -2 dB. Der Gewinn durch binaurale Verarbeitung ist also wie erwartet dann am größten, wenn an der monauralen Schwelle gerade nichts mehr verstanden wird und das zweite Ohr dazukommt. Auffällig ist in der vorliegenden Studie aber, dass diesmal die gesunden Kinder in keinem der drei berechneten Bereiche (exakte Schwelle, +/- 2 dB) ein besseres Ergebnis als die kranken Kinder erzielen konnten. Im Gegensatz dazu schnitten die auffälligen Kinder in allen drei Situationen in dem auf Prozentangaben beruhenden Wert sogar besser ab als die gesunde Vergleichsgruppe.

Ein Erklärungsversuch für dieses Ergebnis ist der Wegfall vieler Daten in beiden, besonders jedoch in der gesunden Kontrollgruppe. Dadurch ergaben sich besonders im Bezug auf die Auswertung erneut Probleme. Beim letzten Mal wurden in vielen Fällen nicht genügend Sounddateien angeboten, um die Schwelle für 50%iges Verstehen zu ermitteln. In Konsequenz daraus, wurde des Weiteren die Anzahl der insgesamt möglichen Sounddateien pro Zielschall/Störschall-Situation auf 50 erhöht. Es hatte sich aber auch herausgestellt, dass insbesondere am Anfang, wo Zielschall und Störschallpegel noch weit auseinander liegen und somit das Erkennen des Zielwortes noch einfacher ist, viel „kostbare“ Zeit vergeht, in der die Kinder oft wenige Fehler machen. In dem akustischen Bereich, in dem das Differenzieren der Wörter noch einfacher gelingt, überspringt der Computer am Anfang – nach zwei richtig gehörten Sounddateien – 4 dB nach unten anstatt nur 2 dB. Dieses Verfahren wird beendet, sobald ein Fehler aufgetreten ist. Danach werden die Schallpegel wieder in 2 dB Schritten verändert. Dadurch verringert sich die Anzahl der nötigen Sounddateien bis zur Ermittlung des 50%igen Schwellenwertes und damit auch die Testdauer insgesamt.

Andererseits tauchten aber nun bei der Auswertung wiederum Probleme auf, da der 50%ige Verständnisgewinn exakt an der ermittelten dB Schwelle (im folgenden 0 dB) aber auch kurz darüber bzw. kurz darunter (± 2 dB) errechnet werden sollte. In vielen Fällen bestand aber nun die ± 2 dB Schwelle nicht mehr, da zuletzt 2 dB übersprungen worden waren. Der Computer hat in diesem Fall keine Vergleichswerte um den Hörgewinn durch binaurale Verarbeitung auszurechnen. Auf diese Weise gingen wieder viele wertvolle Informationen verloren.

Dieser Wegfall von Testdaten betrifft außerdem genau die Kinder, die bis dahin - zumindest in der einfacheren Referenzsituation – fehlerfrei alle angebotenen Wörter erkannt hatten. Denn nur in diesem Fall ist ein Verringern des Zielschall/Störschall-Pegels in 4 dB-Schritten vorgesehen. Man kann deshalb davon ausgehen, dass in besonderem Maße die Ergebnisse der Kinder, die ein eher überdurchschnittliches Ergebnis erreicht hätten, nicht in die Auswertung mit einfließen konnten.

Als Hilfsmittel könnte man zur Errechnung des Verständnisgewinns einfach den nächst höheren oder niedrigeren (also wahlweise 2 oder 4 dB) Wert verwenden. Wenn man aber berücksichtigt, dass eine Differenz von nur 6 dB schon eine Verdopplung des Schallpegels bedeutet (Ebert 34]), sieht man, dass es dadurch zu großen Ungenauigkeiten kommen würde. Ein direkter Vergleich könnte dann nicht mehr durchgeführt werden.

Weiterhin fallen Daten weg, wenn z. B. die binaurale Schwelle auf einem höheren dB-Niveau liegt als die monaurale Schwelle, die Testperson also in der anzunehmenden schwierigeren Hörsituation besser hört als in der leichteren. Der Computer versucht dann, Werte der monauralen Verständnisschwelle zu vergleichen, die aber auf diesem Schallpegelniveau für die binaurale Hörsituation nicht zur Verfügung stehen, da die Testperson in dieser räumlichen Situation schlechter gehört hat. In der Folge kann wieder kein Verständnisgewinn berechnet werden.

In der vorliegenden Studie blieben aufgrund der eben genannten Probleme über 500 Datensätze unberechnet. Dies bedeutet, dass 26,7% der Daten der gesunden Kinder und 18,2% der Daten der kranken Kinder nicht ermittelt werden konnten und deshalb nicht in die vorgestellten Ergebnisse einfließen konnten. In diesen gemittelten Zahlen verbirgt sich außerdem, dass in einzelnen Wort-Verständnisgewinnstufen (z.B. Runde/ +2 dB) in 54% der Fälle kein Ergebnis errechnet werden konnte.

Es zeigt sich deutlich, dass das vorher bestehende Problem zufriedenstellend gelöst wurde, da diesmal die 50%ige Verständnisschwelle nur in einer verschwindend geringen Anzahl der Fälle (< 2%) nicht ermittelt werden konnte. Dafür ergaben sich daraus neue Probleme, die prozentual sogar zu noch höheren Ausfallquoten führten.

Die berechneten Standardabweichungen für die drei Situationen bilden mit Werten zwischen 30,94 (Minimum) und 40,84 (Maximum) zwar in sich sehr gleichwertige Ergebnisse und das sowohl in der Patientengruppe als auch in der Kontrollgruppe. Dennoch zeigt dieser Wert, dass es sich um eine sehr inhomogene Stichprobe handelt. An dieser Stelle soll noch mal auf das rechnerische Verfahren verwiesen werden, mit dem die Prozentwerte für den Hörgewinn an der 50%igen Verständnisschwelle berechnet werden (siehe auch Abschnitt 3.1.3). Betrachtet man den Testablauf noch einmal wird klar, dass die Prozentwerte bei manchen Kindern aus zwei Testwörtern errechnet wurden, bei anderen jedoch fünf oder sechs Wörter zur Berechnung des Hörgewinns genutzt wurden. Der Test versucht dabei, zwei verschiedenen Aussagen gleichzeitig aus nur einem Testablauf herauszuholen. Dabei liegt aber das Hauptaugenmerk auf der Errechnung der 50%igen Verständnisschwelle. Im Nachhinein werden dann die Berechnungen für den Hörgewinn an den drei verschiedenen dB-Stufen errechnet. Dass bei der Darstellung des Ergebnisses ein Prozentwert angegeben wird, spiegelt meiner Meinung nach eine falsche Validität des Testergebnisses wieder: Um die Rahmenbedingungen für diese Berechnungen gleich zu gestalten und so Ergebnisse zu erhalten, die besser vergleichbar und reproduzierbar wären, müsste man einen zweiten

Testabschnitt anfügen, der sich nach der Ermittlung der 50%igen Verständnisschwelle auf die exakte Ermittlung des Hörgewinns konzentriert.

Dadurch würde sich der Testzeitraum erneut in die Länge ziehen. Bei einem Test, der insgesamt schon ca. 45 Minuten für die Durchführung in Anspruch nimmt, würde man damit an die Grenzen der kindlichen Konzentrationsfähigkeit stoßen. Darüber hinaus wird das Testergebnis in den letzten fünf bis zehn Minuten ermittelt und damit sicherlich nicht zu einem Zeitpunkt, an dem die Aufmerksamkeit besonders hoch ist.

Grundsätzlich unterscheiden sich Sprachverständlichkeitsschwellen im Störgeräusch deutlich weniger als in Ruhe. Um diese geringen Unterschiede nachweisen zu können, sollte das Messverfahren eine Genauigkeit von etwa 1 dB aufweisen. Bei Erwachsenen wird deshalb auf Satztestverfahren mit steiler Verständlichkeitskurve (Steigung über 15% pro dB) zurückgegriffen. Bei Kindern kann die Verständlichkeitskurve aber nicht dadurch verbessert werden, dass ganze Sätze anstatt einzelner Wörter verwendet werden, da dies wesentlich schwieriger ist. Um mit der üblicherweise flachen Verständlichkeitskurve von Reimtests trotzdem ein valides Testergebnis zu bekommen, muss man die Zahl der angebotenen Testwörter so erhöhen, dass die Anwendung bei Kindern auf Grund der Testlänge fast unmöglich wird (Hörzentrum Oldenburg [42]). Genau diese Problematik wird bei der Auswertung des Marburger Reimtests im Störgeräusch deutlich. Die Anzahl der angebotenen Testwörter reicht für die exakte Berechnung des Hörgewinns nicht aus.

Um den Testablauf insgesamt zu verkürzen, könnte man als weitere Überlegung entweder eine akustisch-räumliche Situation oder aber eines der Testwörter weglassen. Die Hörsituation monaural/frontal dient in unserem Zusammenhang nur als Referenzsituation für die ILD und wird nicht für die Berechnung der BILD benötigt. Die damit gewonnene Zeit könnte dann entweder für eine exaktere Berechnung des Hörgewinns dienen oder durch die kürzere Untersuchungszeit dem Kind bessere Testbedingungen schaffen.

In beiden Fällen könnte man ein Drittel bzw. ein Viertel der angebotenen Sounddateien weglassen und damit die Testzeit signifikant verkürzen. Kritisch anmerken muss man aber, dass durch eine verringerte Anzahl von akustischen Situationen oder nur drei Testwörtern die Ratewahrscheinlichkeit stark erhöht wird und sich damit die Validität der Testaussage auf Kosten der eingesparten Zeit verringern könnte.

Als konstanter Wert in beiden Testreihen zeigt sich die BILD. Dieser Parameter weist in beiden Studien einen zu erwartenden höheren Hörgewinn durch binaurale Verarbeitung bei der gesunden Kontrollgruppe aus. Die beiden Gruppen unterscheiden sich also bezüglich ihrer BILD, dieser Unterschied ist aber nicht signifikant. Deshalb kann die BILD nicht als alleiniger Parameter zur Unterscheidung zwischen gesunden und kranken Kindern dienen. Vielmehr kann daraus die Aussage abgeleitet werden, dass sowohl gesunde als auch auditiv wahrnehmungsgestörte Kinder einen Hörgewinn durch binaurale Verarbeitung haben. Der Marburger Reimtest - in der getesteten Version - ist aber nicht in der Lage, diesen Hörgewinn so exakt zu ermitteln, dass eine statistisch signifikante Unterscheidung zwischen gesunden und kranken Kindern möglich wird.

6.1.3 Ein weiterer Ansatz

Da sich die Errechnung des Hörgewinns an der 0 dB-Schwelle und für die beiden Werte ± 2 dB wie beschrieben als schwierig erweist, wurde eine neue Methode entwickelt, um den Marburger Reimtest auszuwerten.

Grundlage für die neue Auswertung ist die BILD, die den Hörgewinn durch die binaurale Verarbeitung angibt. In der statistischen Auswertung hatte sich zuvor bereits gezeigt, dass die gemittelten Werte der BILD Unterschiede zwischen Patienten- und gesunder Kontrollgruppe ergaben (Patienten: 3,4 dB; Kontrollgruppe: 3,77 dB). Auch wenn sich dieser Unterschied nicht als signifikant herausstellte, bleibt die BILD nach den ersten Auswertungen der

einzig ermittelte Parameter, in dem die gesunden Kinder der Kontrollgruppe besser abschneiden als die Kinder der Patientengruppe.

Die BILD errechnet sich aus der Differenz der beiden akustisch-räumlichen Situationen rechts/monaural und rechts/binaural. Nur wenn die BILD einen Wert größer Null annimmt, kann man von einem Hörgewinn durch die binaurale Hörverarbeitung sprechen. Für die neue Auswertung wurden also nur die Testergebnisse als „bestanden“ gewertet, in denen sich im Vergleich der 50%igen Verständnisschwellen ein Hörgewinn durch die binaurale Verarbeitung herausgestellt hatte ($BILD > 0$). Die „bestandenen“ Hörsituationen werden dann denen gegenübergestellt, in denen die $BILD < 0$ war, also kein Hörgewinn durch die binaurale Hörverarbeitung verzeichnet werden konnte.

Beide Gruppen haben im gemittelten Wert in 71,5 Prozent einen Hörgewinn durch die binaurale Verarbeitung also eine positive BILD. Mit der neuen Auswertungsmethode lässt sich also wieder belegen, dass ein Hörgewinn durch binaurale Verarbeitung besteht. Es lässt sich aber leider kein Unterschied zwischen den gesunden Kindern und der Patientengruppe herausarbeiten.

6.2 Dichotischer Diskriminationstest nach Uttenweiler

6.2.1 Praktische Erfahrungen bei der Anwendung

Der neue Testablauf, der für alle Untersuchten gleiche Bedingungen bezüglich Ablauf, Schallpegel und Anzahl der angebotenen Wortpaare schafft, hat mehrere Vorteile, die sich in der durchgeführten Studie erneut bestätigten.

Als besonderer Vorteil gegenüber dem alten Testablauf zeigten sich zum einen das Ergebnis, das jetzt mit nur einem Punktwert (0-20) darstellbar wird und nun sowohl einen direkten interindividuellen Vergleich zulässt, als auch die durch den neuen Testablauf verkürzte Untersuchungszeit. Dies könnte sich besonders bei Kindern mit einer auditiven Wahrnehmungsstörung als sehr

positiv herausstellen, da sie ohnehin über eine geringere Konzentrationsfähigkeit verfügen.

Zum anderen wird im neuen Auswertungsmodus nur noch ein Punkt vergeben, wenn *beide* Wörter mit Artikel richtig wiedergegeben werden. In dieser Form wird wesentlich strenger beurteilt, was wir eigentlich testen möchten: das *dichotische* Hören. Ein zusammengesetztes Ergebnis von vormals 50% konnte auch durch die alleinige Wiedergabe nur eines der beiden Wörter erzielt werden. Im Extremfall konnte man sich also auf ein Ohr konzentrieren, alle dort eingespielten Wörter richtig wiedergeben und damit eine Überprüfung der dichotischen Hörfähigkeit unmöglich machen. In diesem Fall hätte der Patient immer noch 50% erreicht. Wird das beschriebene Ergebnis nach dem neuen Testablauf bewertet, bekäme die Testperson keinen einzigen Punkt und hätte im Test versagt.

Damit zeigt sich, dass der neue Testablauf zusammen mit dem neuen Bewertungsmodus eine einfachere und sichere Testmöglichkeit für die Überprüfung des dichotischen Hörens darstellt.

6.2.2 Beurteilung des Testergebnisses

Mögliche Gütekriterien für einen diagnostischen Test sind Sensitivität und Spezifität. Die beiden Werte, die angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit das ermittelte Testergebnis eine richtige Aussage darstellt, verhalten sich im Normalfall umgekehrt proportional zueinander. Das bedeutet, dass eine hohe Sensitivität mit einer niedrigen Spezifität einhergeht. Ziel ist es jedoch, beide Werte möglichst hoch zu halten, damit das Testergebnis die bestmögliche Aussagekraft besitzt.

Im vorliegenden Test geht es nun um die Festlegung des Cut-Off-Wertes. Das Testergebnis soll bei der Unterscheidung zwischen gesunden und kranken Kindern möglichst exakt sein. Dafür strebt man an, dass die Sensitivität einen Wert zwischen 0,6 und 1,0 annimmt, um alle Kranken sicher herauszudetektieren. In der dargestellten Graphik unter 4.1 sieht man, dass

sich die Werte für Sensitivität und Spezifität am Punktwert 17 überkreuzen, dies also der Punktwert ist, an dem beide Gütekriterien gleichzeitig einen hohen Wert annehmen.

Für die endgültige Festlegung des testspezifischen Trennwertes müssen aber noch weitere Gesichtspunkte beleuchtet werden. Wie schon mehrfach erläutert, ist die auditive Wahrnehmungsstörung ein Krankheitsbild, das sich aus einer Vielzahl von Symptomen zusammensetzt. Gleichzeitig bedeutet dies aber auch, dass nicht immer alle möglichen Störungen der auditiven Wahrnehmung gleichermaßen betroffen sein müssen. Tests, die Schwächen in einem Bereich aufdecken, können völlig unempfindlich für an anderer Stelle lokalisierte Störungen sein (Musiek & Lamb [63]). Folglich ist die zurzeit übliche diagnostische Abklärung mit verschiedenen Tests für unterschiedliche Teilleistungsbereiche notwendig, um sich ein umfassendes Bild der vorliegenden Störung zu machen. Betrachtet man nun die Gütekriterien für die Trennschärfe eines bestimmten Tests, so muss man in seine Überlegungen mit einbeziehen, dass auch „kranke“ Kinder in einem getesteten Teilbereich ein Ergebnis erzielen können, das noch im unteren Normbereich liegt oder sogar gänzlich einer Leistung im Normbereich entspricht. Dennoch kann das Kind an einer auditiven Wahrnehmungsstörung erkrankt sein. Die eigentliche Anforderung einer hohen Sensitivität, die im Allgemeinen an einen Screeningtest gestellt wird (Sachs [76]) kann hier also vernachlässigt werden.

Von Berger und Demirakca war nach den ersten Untersuchungen ein Cut-Off-Wert von 16 Punkten vorgeschlagen worden, der sich in einer weiteren Untersuchung bestätigte (Berger et al. [10]). An dieser Punktzahl erhält man folgende Werte:

Spezifität: 0,54

Sensitivität: 0,94

Auch wenn die Sensitivität knapp unter dem angestrebten Wert von 0,6 liegt, muss man diesen Cut-Off-Wert als den geeignetsten ansehen. Die hohe

Spezifität, mit der man erreicht, dass nahezu alle gesunden Kinder auch ein Testergebnis im Normbereich erhalten, führt auf dieser Seite der Testgütekriterien zu einem sehr aussagekräftigen Ergebnis. Alle erkrankten Kinder können auf Grund der gegebenen pathophysiologischen Situation nicht als „krank“ durch einen einzigen Test diagnostiziert werden.

Betrachtet man als weiteres Gütekriterium für diagnostische Testverfahren die „a-posteriori-Wahrscheinlichkeit“, die die Prävalenz des Krankheitsbildes unter den getesteten Patienten mit berücksichtigt, hat dies noch einmal einen positiven Einfluss auf die errechnete Sensitivität. Da der dichotische Diskriminationstest nicht als Screening-Methode eingesetzt wird, sondern hauptsächlich bei Kindern mit der Verdachtsdiagnose auditive Wahrnehmungsstörung kann mit den erreichten Gütekriterien ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden.

Würde man sich für den Cut-Off-Wert von 17 Punkten entscheiden, fällt die Spezifität auf 0,76. Damit würden fast 25% der gesunden Kinder ein pathologisches Testergebnis erzielen.

Der bereits ermittelte Cut-Off-Wert von 16 wird in dieser Studie damit bestätigt.

Im Folgenden soll die gezeigte ROC-Kurve interpretiert werden.

Der diagnostische Test weist Trennschärfe auf, wenn sich die Kurve signifikant von der Diagonalen (links unten - rechts oben) unterscheidet. Im Idealfall (100%ige Trennschärfe) liegt die Kurve auf der linken bzw. oberen Begrenzungs-Seite des umschließenden Quadrates. Je größer also der Abstand der ROC-Kurve von der Diagonalen, desto besser die Trennschärfe des Tests. In unserem Fall zeigt sich somit eine gute Trennschärfe.

Ein Maß für die Güte des Tests ist die Fläche unter der ROC-Kurve (AUC: Area under Curve). Die Fläche kann Werte zwischen 0,5 und 1 annehmen, wobei ein höherer Wert die bessere Güte anzeigt. Der AUC-Wert für den dichotischen Diskriminationstest nach Uttenweiler beträgt 0,76 und spricht damit für eine gute Testvalidität.

Bei der Einteilung in vier Leistungsbereiche kommt diese Studie zu vergleichbaren Ergebnissen wie Berger und Demirakca [11]. Da diesmal der Uttenweiler Test nicht mehr in der herkömmlichen Version durchgeführt wurde, können direkte Unterschiede zwischen dem alten und dem neuen Auswertungsmodus nicht aufgezeigt werden.

Die Verteilung auf die vier Leistungsbereiche bestätigt erneut, dass mit der neuen Auswertung das dichotische Hören strenger bewertet wird.

In der Untersuchung von Berger und Demirakca stellte sich heraus, dass nach der alten Auswertung über 85% der Kinder den Leistungsbereich 4 erreichten, also ein Ergebnis im Erwartungsbereich. In den Leistungsbereichen 1 und 2, also im sehr schlechten Ergebnisbereich, befand sich nur eines der 48 Testkinder. Bewertet man das gleiche Testergebnis nach dem neuen Auswertungsmodus verteilen sich die Ergebnisse auf alle 4 Leistungsbereiche. Etwas mehr als 40 % der auffälligen Kinder erreichen nur noch ein Ergebnis in den Leistungsbereichen 1 bis 3. Diese Ergebnisse bestätigten sich jetzt. Außerdem konnte gezeigt werden, dass die gesunden Kinder zu über 95% den Leistungsbereich 4 erreichen und damit ein Ergebnis im Erwartungsbereich haben. Andererseits rutschen durch die neue Auswertung in der aktuellen Untersuchung ca. 20% der untersuchten auffälligen Kinder in den Leistungsbereich 1 und 2 und erzielten damit ein sehr unterdurchschnittliches Ergebnis.

Zusammenfassend ermöglicht die Einteilung in die vier Leistungsbereiche eine schnelle und aussagekräftige Einordnung des Testergebnisses und ist damit als nützlich und sinnvoll einzustufen.

Ein grundsätzliches Problem des dichotischen Diskriminationstests nach Uttenweiler bleibt die Verwendung von dreisilbigen Wörtern. Durch die Verwendung dieser relativ langen Wörter wird dem Probanden zusätzlich zum dichotischen Hören noch eine Überprüfung seines Kurzzeitgedächtnisses abverlangt (Wendler et al. [96]). Gerade in diesem Bereich haben aber viele Kinder mit einer auditiven Wahrnehmungsstörung zusätzlich Schwächen. Durch

eine eingeschränkte Merkspanne kann sich das Ergebnis verschlechtern oder auch zu einem verfälschten Testergebnis führen (Demirakca & Berger [29]) und dadurch die eindeutige Interpretation erschweren. Ein schlechtes Testergebnis ist also nicht zwangsläufig auf ein schlecht entwickeltes dichotisches Diskriminationsvermögen zurückzuführen (Ebert [34]).

7. Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Studie geht es um die Beurteilung zweier Tests, die zur Diagnostik auditiver Wahrnehmungsstörung herangezogen werden.

Die auditive Wahrnehmungsstörung ist ein Krankheitsbild bei dem die periphere Hörleistung in der Regel nicht beeinträchtigt ist. Dagegen sind die zentralen Verschaltungs- und Verarbeitungsprozesse des Hörens gestört oder verändert. Da sich das Krankheitsbild durch viele verschiedene Symptome äußern kann, wird in der Diagnostik eine Testbatterie aus psychologischen und audiometrischen Tests eingesetzt.

Bei dieser Studie wurden zwei Tests untersucht, die folgende Teilaspekte der zentralen Hörverarbeitung testen:

1. die Lautdiskrimination im Störgeräusch mit dem *Marburger Reimtest*
2. die dichotische Schallverarbeitung mit dem *dichotischen Diskriminationstest nach Uttenweiler*

Beide Tests wurden an einer Kontrollgruppe gesunder Grundschulkinder (n= 47) durchgeführt und mit den Ergebnissen von bereits als krank diagnostizierten Kindern (n= 239) verglichen.

Beim Marburger Reimtest handelt es sich um ein neues computergestütztes Testverfahren, das 2000 von Clemens [26] entwickelt und 2001 von Schoder [78] in einer ersten Studie auf Praktikabilität und Durchführbarkeit getestet wurde. Die dabei gewonnenen Ergebnisse (Schoder et al. [77], Schoder [78]) wurden in der vorliegenden Arbeit an einer größeren Probandengruppe erneut überprüft.

Nach erneuter Durchführung konnte ein Teil der postulierten Hypothesen bestätigt werden. Es zeigte sich, dass durch die binaurale Verarbeitung ein Hörgewinn von durchschnittlich 3,8 dB erreicht wurde. Es konnte auch bestätigt

werden, dass der Verständnissgewinn knapp unterhalb der 50%igen Verständnisschwelle (-2 dB) am höchsten ist und seinen niedrigsten Wert bei +2 dB erreicht.

Leider war der Gruppenunterschied zwischen den kranken Kindern und der gesunden Vergleichsgruppe für die BILD nicht signifikant ($p > 0,05$). Beim Vergleich der 50%igen Verständlichkeitsschwellen schnitten die kranken Kinder in allen drei untersuchten dB-Stufen etwas besser ab als die gesunden.

Auch in einer neu entwickelten Auswertungsmethode konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden Gruppen gezeigt werden.

Damit lässt sich die gewählte Methodik zwar dazu nutzen, den Hörgewinn durch binaurale Verarbeitung darzustellen, sie stellt aber kein geeignetes Kriterium dar, um sicher zwischen gesunden Kindern und Kindern mit einer auditiven Wahrnehmungsstörung zu unterscheiden.

Der dichotische Diskriminationstest nach Uttenweiler existiert in seiner ursprünglichen Form schon seit den frühen achtziger Jahren und wurde in seinem Testablauf und seiner Bewertungsmethodik von Berger und Demirakca 2000 [11 + 12] so verändert, dass eine Normwerterhebung an kranken und gesunden Kindern und ein späterer Vergleich der beiden klinischen Gruppen nötig wurde.

Dabei bestätigte sich, dass der neue Durchführungs- und Bewertungsmodus einen einfacheren und schnelleren Testablauf gewährleistet. Die errechneten Mittelwerte der erreichten Testpunktzahl zeigten einen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) zwischen Patienten und gesunder Kontrollgruppe auf. Der Cut-Off-Wert konnte bei 16 Punkten bestätigt werden. Auch die Einteilung in vier Leistungsbereiche ist eine sinnvolle und nützliche Ergänzung.

Insgesamt liefert der neue Testablauf mit dem modifizierten Auswertungsmodus ein valides Ergebnis und ist für den Einsatz zur Diagnostik von auditiven Wahrnehmungsstörungen bestens geeignet.

8. Literaturverzeichnis

1. **Achtzehn, J; Kühnel, J; Kollmeier, B; Schönfeld, R (1998)** Zur Entwicklung eines Zweisilber-Reimtests für die Audiologie. In: *Groß M (Hrsg) Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte*, Bd. 5 Median, Heidelberg, S. 326-331
2. **American Speech-Language-Hearing Association ASHA (1996)** Central auditory processing: Current status of research and implications for clinical practice. *American Journal of Audiology* 1996; 5(2), 41-54
3. **American Speech-Language-Hearing Association ASHA (2005)** (Central) Auditory Processing Disorders. Available at <http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>
4. **Angermeier, M (1974)** Legasthenie, Verursachungsmomente einer Lernstörung: ein Literaturbericht. 3. Aufl., Weinheim Basel: Beltz
5. **Axmann, D. (Hrsg) (1993):** Bericht zur Fachtagung „Erkennen Verstehen Fördern“ Neurogene Lernstörungen beim Spracherwerb hörgeschädigter Kinder. Kinder mit zentralen Störungen der auditiven Sprachwahrnehmung. Hörgeschädigtenzentrum Würzburg, 2. Aufl.
6. **Beimische, H; Macht, S; Berger, R (1998)** Ergebnisse zur audiologischen Erfassung Auditiver Wahrnehmungsstörungen mit dem Göttinger Kindersprachtest II im Geräusch. In: *Groß M (Hrsg) Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte*, Bd. 5 Median, Heidelberg, S. 322-326
7. **Bellis, T (2004)** Redefining auditory processing disorder: An audiologist's perspective. *The ASHA Leader*, 6, 22-23
8. **Bellis, T (1996)** Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting – from science to practice. Singular Publishing Group, San Diego
9. **Berger, R (2000)** Störungen der auditiven Wahrnehmung – Diagnostische Möglichkeiten. In: *Ganz, H; Iro, H (Hrsg) HNO Praxis heute* 20, S. 50-60

10. **Berger, R; Hochweller, A; Böddeker, I (2002)** Ergebnisse zur Normerhebung des dichotischen Diskriminationstestes. In: *Groß M (Hrsg)* Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte, Bd. 9 Median, Heidelberg, S. 225-228

11. **Berger, R; Demirakca, T (2000)** Vergleich zwischen dem alten und neuen Auswertemodus im dichotischen Diskriminationstest. HNO 2000 – 48:390-393, Springer-Verlag, Heidelberg

12. **Berger, R; Demirakca, T (2000)** Die Bedeutung des neuen Auswertungsmodus für den dichotischen Diskriminationstest. In: *Groß M (Hrsg)* Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte, Bd. 7 Median, Heidelberg, S. 267-271

13. **Berger, R; Macht, S; Beimesche, H (1998)** Probleme und Lösungsansätze bei der Auswertung des dichotischen Diskriminationstests für Kinder. HNO 1998 · 46:753-756, Springer-Verlag, Heidelberg

14. **Boenninghaus, H-G; Lenarz, T (2000)** Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Für Studierende der Medizin. 11. Aufl., Springer-Verlag, Heidelberg

15. **Böhme, G; Welzl-Müller, K (1998)** Audiometrie: Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter; ein Lehrbuch. 4. überarb. und erg. Aufl., Huber Verlag, Bern

16. **Breuer, H (1998)** Auditive Wahrnehmung und auditorische Deprivation. In: *Groß M (Hrsg)* Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte, Bd. 5 Median, Heidelberg, S. 275-290

17. **Brockhaus, F (1990)** dtv-Lexikon 1990. F.A. Brockhaus GmbH, Mannheim u. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, Band 19

18. **Brunner, M; Seibert, A; Dierks, A; Körkel, B. (1998)** Heidelberger Lautdifferenzierungstest (H-LAD). Westra Elektroakustik, Wertingen

19. **Bungert-Kahl, P; Biedermann, F; Dörrscheidt, G; von Cramon, Y; Rübsamen, R (2004)** Psychoacoustic test tools for the detection of deficits in central auditory processing: Normative data. Zeitschrift für Audiologie 2004; 43 (2) 48-71

20. **Catell, R; Weiß, R; Osterland J (1997)** Grundintelligenztest CFT 1. 5. rev. Aufl., Westermann, Braunschweig

21. **Cacace, A; McFarland, D (1998)** Central auditory processing disorder in school-aged children: A critical review. *Journal of Speech, Language & Hearing Research*; 04/1998, Vol. 41 Issue 2, p. 355-374

22. **Chermak, G; Tucker, E; Seikel, J (2002)** Behavioral characteristics of central auditory processing disorder and attention deficit hyperactivity disorder: Predominantly inattentive type. *Journal of the American Academy of Audiology* 13: 332-338 (2002)

23. **Chermak, G; Hall, J; Musiek, F (1999)** Differential Diagnosis and Management of Central Auditory Processing Disorder and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Audiology* 10: 289-303 (1999)

24. **Chermak, G; Somers, E; Seikel, J (1998)** Behavioral signs of central auditory processing disorder and attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Audiology* 9: 78-84 (1998)

25. **Chermak, G; Musiek, F (1997)** Central auditory processing disorders. New perspectives. Singular Publishing Group, San Diego

26. **Clemens, G (2000)** Der Marburger Kinderreimtest im Geräusch, Teil 1: Methode. In: *Groß M (Hrsg) Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte*, Bd. 7 Median, Heidelberg, S. 271-277

27. **Cramer, B (1994)** Psychologische Therapie zur Verbesserung der Situation zentralfehlhöriger Kinder. In: *Plath P (Hrsg) Zentrale Hörstörungen*. Schriftenreihe Bd. 10, Geers Stiftung, 162-178

28. **de Maddalena; H (2001)** Zur Validität der auditiven Wahrnehmungsdiagnostik bei Kindern. In: *Groß M (Hrsg) Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte*, Bd. 8 Median, Heidelberg, S. 269-274

29. **Demirakca, T; Berger, R (1998)** Zusammenhang zwischen der Leistung im Dichotischen Diskriminationstest für Kinder und den Parametern der Sprachentwicklung sowie anderen auditiven Teilleistungen. In: *Groß M (Hrsg) Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte*, Bd. 5 Median, Heidelberg, S. 308-312

30. **Deuse, A (1995)** Zentrale Hör- und Sprachverarbeitung (Teil 1). Die Sprachheilarbeit 40 (1995) 3, S. 163-172

31. **Dietel, B (1995)** Das Teilleistungskonzept – Versuch einer neuropsychologischen Begründung. Die Sprachheilarbeit 40 (1995) 2, S. 97-112

32. **Döring, WH; Hamacher V (1992)** Neue Sprachverständlichkeitstests in der Klinik: Aachener Logatomtest und „Dreinsilbertest“ mit Störschall. In: *Kollmeier B (Hrsg) Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie*, S.137-168

33. **Doleschal, J; Kohl, S (1995)** Kognitive Entwicklung und auditive Wahrnehmungsstörung. In: *Groß M (Hrsg) Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte*, Bd. 3 Median, Heidelberg, S. 187-188

34. **Ebert, H (1993)** Pädaudiologische Aspekte der Diagnose zentraler Störungen der auditiven Wahrnehmung. In: *Axmann, D (Hrsg) Bericht zur Fachtagung „Erkennen Verstehen Fördern“ Neurogene Lernstörungen beim Spracherwerb hörgeschädigter Kinder, Kinder mit zentralen Störungen der auditiven Sprachwahrnehmung. Hörgeschädigtenzentrum Würzburg*, 95-124

35. **Esser, G (1994)** Zentrale Hör- und Wahrnehmungsstörungen – ein Überblick. In: *Plath P (Hrsg) Zentrale Hörstörungen. Schriftenreihe Bd. 10*, Geers Stiftung, 11-33

36. **Esser, G; Anderski, C; Birken, A; Breuer, E; Cramer, B; Eisermann, E; Kulenkampff, H; Schroer, M; Schuhnicht, R; Toro la Roche, M (1987)** Auditive Wahrnehmungsstörungen und Fehlhörigkeit bei Kindern im Schulalter. Sprache-Stimme-Gehör 1987; 11: 10-16 Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

- 37. Feldmann, H (1965)** Dichotischer Diskriminationstest, eine neue Methode zur Diagnostik zentraler Hörstörungen. Archiv Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde 184, 294-329

- 38. Gengel, R; Hirsh, I (1970)** Temporal order: The effect of single versus repeated presentations, practice, and verbal feedback. Perception and Psychophysics, 7, 209-216

- 39. Günther, H; Günther, W (1991)** Auditive Dysfunktionen und Sprachentwicklungsstörungen – Theoretische Überlegungen und empirische Daten zu einem verborgenen Problemzusammenhang. Sprache-Stimme-Gehör 1991; 15: 12-18 Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

- 40. Hellbrück, J (1993)** Hören. Physiologie, Psychologie und Pathologie. Hogrefe, Göttingen [u.a.]

- 41. Hesse G, Nelting M, Brehmer D, Lemmermann E, Ptak, M (1998)** Benefit- Effektivitäts- und Effizienznachweis therapeutischer Verfahren bei zentral-auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen. Sprache-Stimme-Gehör 1998; 22: 194-198 Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

- 42. Hörzentrum Oldenburg GmbH (2000)**, "olki Oldenburger Kinder-Reimtest - Handbuch und Hintergrundwissen". Version vom 21. März 2000, CD Audio

- 43. Janssen, T (2001)** Schwellennahe und überschwellige Schallverarbeitung des Innenohres Teil II: Modelle. Zeitschrift für Audiologie 2001; 40 (4) 116-139

- 44. Jerger, J; Musiek, F (2000)** Report of the Consensus conference on the Diagnosis of Auditory Processing Disorder in School-Aged Children. Journal of the American Academy of Audiology 11: 467-474 (2000)

- 45. Katz, J; Burkard, R; Medwetsky; L (2001)** Handbook Of Clinical Audiology, 5th Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia [u.a.]

46. **Katz, J; Wilde L (1994)** Auditory processing disorders. In: *Katz, J (Hrsg)* Handbook Of Clinical Audiology, 4th Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia [u.a.] 490-502

47. **Katz, J (1992)** Classification of auditory processing disorders. In: *Katz, J; Stecker, N; Henderson, D (Hrsg)* Central auditory processing: A transdisciplinary View, Mosby, St. Louis S. 81-92

48. **Katz, J; Stecker, N; Henderson,(1992)** Central Auditory Processing: A Transdisciplinary View. Mosby, St. Louis

49. **Keppner, S (1994)** Schulische Probleme zentralfehlhöriger Kinder. In: *Plath P (Hrsg)* Zentrale Hörstörungen. Schriftenreihe Bd. 10, Geers Stiftung, 179-189

50. **Kiese-Himmel, C (1996)** Teilleistungsschwächen/Teilleistungsstörungen bei Kindern. Sprache-Stimme-Gehör 1996; 20: 196-208 Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

51. **Kliem K, Kollmeier B (1995)** Überlegungen zur Entwicklung eines Zweisilber-Kinder-Reimtests für die klinische Audiologie. Audiologische Akustik 1 (1995): 6-11

52. **Kliem, K (1993)** Entwicklung und Evaluation eines Zweisilber-Reimtestverfahrens in deutscher Sprache zur Bestimmung des Sprachverständlichkeit in der klinischen Audiologie und Nachrichtentechnik. (Philos. Dissertation), Universität Oldenburg

53. **Klinke, S; Silbernagl. (1998)** Physiologie des Menschen. 2. überarb. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

54. **Kollmeier, B (1992)** Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie. Buchreihe Audiologische Akustik, Band 1. Median, Heidelberg

55. **Kollmeier, B (1990)** Messmethodik, Modellierung und Verbesserung in der Verständlichkeit von Sprache. Habilitationsschrift, Universität Göttingen

56. **Lauer, N (2001)** Zentral-auditive Verarbeitungsstörungen im Kindesalter. Grundlagen, Klinik, Diagnostik, Therapie. 2. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

57. **Lenhardt, E; Laszig, R (2000)** Praxis der Audiometrie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

58. **Macht, S (1999)** Untersuchung zentraler Hörleistungen bei Kindern mit auditiver Wahrnehmungsstörung – Sprachverstehen im Störgeräusch, Richtungshören und Dichotische Diskrimination. Dissertation Universität Marburg

59. **Masters, M (1998)** Central auditory processing disorders, mostly management. Allyn and Bacon, Boston [u.a.]

60. **Medwetsky, L (2001)** Central Auditory Processing. In: *Katz, J (Hrsg)* Handbook Of Clinical Audiology, 5th Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia [u.a.] S. 495-509

61. **Mottier, G (1974)** Akustischer Differenzierungs- und Merkfähigkeitsüberprüfung. In: Die psychologische Untersuchung zur Erfassung des Legasthenikers. Zürcher Lesetest. Verlag Huber, Bern

62. **Musiek, F; Oxholm, V (2003)** Central auditory anatomy and function. In Textbook of audiological medicine. Martin Dunitz, London: 179– 198.

63. **Musiek, F; Lamb, L (1994)** Central auditory assessment: an overview. In: *Katz, J (Hrsg):* Handbook of Clinical Audiology, 5th Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia [u.a.] S. 197-211

64. **Musiek, F; Baran, J; Schochat, E (1999)** Selected management approaches to central auditory processing disorders. Scandinavian Audiology 1999; 28 Suppl. 51: 63-76

65. **Musiek, F; Gollegly, K; Kibbe, M; Verkest-Lenz, S (1991)** Proposed screening test for central auditory disorders: follow up on the dichotic digit test. The American Journal of Otology 1991; 12 (2) 109-113ß

66. **Musiek; F (1999)** Central auditory tests. *Scandinavian Audiology* 1999; 28 Suppl. 51: 33-46

67. **Musiek, F; Berge, B (1998)** A neuroscience view of auditory training/ stimulation and central auditory processing disorders. In: *Masters, M (Hrsg).* Central auditory processing disorders, mostly management. Allyn and Bacon, Boston [u.a.]

68. **Neisser, V; Hirst, W (1974)** Effect of practice on the identification of auditory sequence. *Perception & Psychophysics*, 15, 391-395

69. **Neuschäfer-Rube, C; Matern, G; Meixner, R; Klajman, S; Neumann, H (2000)** Zur Prolemtik auditiver Verarbeitungsstörungen. *Sprache-Stimme-Gehör* 2000; 24: 113-118 Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

70. **Plath, P (1994)** Zentrale Hör- und Wahrnehmungsstörungen. *HNO* 1994; 42:600-601, Springer Verlag, Heidelberg

71. **Plath, P (1994)** Zentrale Hörstörungen. Materialsammlung vom 7. Multidisziplinären Kolloquium der Geers-Stiftung am 14. und 15. März 1994 im Wissenschaftszentrum Bonn des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft in Bonn- Bad Godesberg. *Plath, P (Hrsg)* Schriftenreihe Bd. 10, Geers Stiftung

72. **Pschyrembel (1994)** Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 257. neu überarb. Aufl., Verlag Walter de Gruyter, Berlin [u.a.]

73. **Ptok, M; Berger, R; von Deuster, Chr; Gross, M; Lamprecht-Dinnesen, A; Nickisch, A; Radü, H J; Uttenweiler, V (2000)** Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen – Konsensus-Statement. *Sprache Stimme Gehör* 2000; 24, 90-94 Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

74. **Ptok, M; Ptok, A (1996)** Die Entwicklung des Hörens. *Sprache Stimme Gehör* 1996; 20: 1-5 Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

75. **Raven, J (1962)** Coloured progressive Matrices. Lewis Verlag, London

76. **Sachs, L (1992)** Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden. 7. Aufl., Springer Verlag, Heidelberg, S. 82-88

77. **Schoder, J; Clemens, G; Berger, R (2000)** Der Marburger Kinder-Reimtest im Geräusch – eine orientierende Studie zur diagnostischen Anwendung bei V. a. auditive Wahrnehmungsstörung. In: *Groß M (Hrsg)* Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte, Bd. 7 Median, Heidelberg, S. 278-281

78. **Schoder, J (2001)** Zur Praktikabilität und Aussagefähigkeit einer neuen Methode in der Diagnostik auditiver Wahrnehmungsstörungen bei Kindern. Dissertation; Marburg

79. **Schulte-Körne, G (2001)** Lese-Rechtschreibstörung und Sprachwahrnehmung Psychometrische und neurophysiologische Untersuchungen. Waxmann Verlag GmbH, Münster

80. **Schulte-Körne, G (2002)** Legasthenie; Zum aktuellen Stand der Ursachenforschung, der diagnostischen Methoden und der Förderkonzepte. Verlag Dr. Dieter Winkler, Bochum

81. **Schyldlo, R. (1998)** Zusammenarbeit von Pädaudiologie und Kinder- und Jugendpsychiatrie in Diagnostik und Therapie auditiver Wahrnehmungsstörungen. In: *Groß M (Hrsg)* Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte, Bd. 5 Median, Heidelberg, S. 305-308

82. **Silbernagl; S; Despopoulos, A (2001)** Taschenatlas der Physiologie. 5. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.] und Deutscher Taschenbuch Verlag, München: S. 362-371

83. **Sotscheck, J (1985)** Sprachverständlichkeit bei additiven Störungen. *Acustica* 57 (1985): 257-267

84. **Springer, S (1998)** Linkes Gehirn, Rechtes Gehirn. 4.Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg [u.a.]

85. **Stecker, N (1998)** Overview and update of central auditory processing disorders. In: *Masters, M (Hrsg)*. Central auditory processing disorders, mostly management. Allyn and Bacon, Boston [u.a.]

- 86. Trepel, M (1999)** Neuroanatomie, Struktur und Funktion. 2. überarb. Aufl., Urban & Fischer Verlag, München [u.a.]
- 87. Uttenweiler, V (1980)** Dichotischer Diskriminationstest für Kinder. Sprache Stimme Gehör 4: 107-111 Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]
- 88. Uttenweiler, V (1994)** Diagnostik zentraler Hörstörungen – Audiologische Verfahren. In: *Plath P (Hrsg) Zentrale Hörstörungen*. Schriftenreihe Bd. 10, Geers Stiftung, 52-77
- 89. vom Hövel, H. (1984)** Zur Bedeutung der Übertragungseigenschaften des Außenohres sowie des binauralen Hörsystems bei gestörter Sprachübertragung. Dissertation RTWH Aachen
- 90. von Wallenberg, EL, Kollmeier B (1989)** Sprachverständlichkeitsmessungen für die Audiologie mit einem Reimtest in deutscher Sprache: Erstellung und Evaluation von Testlisten. Audiologische Akustik 2 (1989): 50-65
- 91. Wagener, K; Kollmeier, B (2004)** Göttinger und Oldenburger Satztest. Zeitschrift für Audiologie 2004; 43 (3) 134-141
- 92. Wagener K; Brand T; Kühnel, V; Kollmeier, B (1999)** Entwicklung und Evaluation eines Satztestes für die deutsche Sprache I-III: Design, Optimierung und Evaluation des Oldenburger Satztests. Zeitschrift für Audiologie 1999; 38 (1-3): 4-15, 44-56, 86-95
- 93. Warnke, A. (1990)** Legasthenie und Hirnfunktion Neuropsychologische Befunde zur Visuellen Informationsverarbeitung. Verlag Huber, Bern
- 94. Weber, B (2004)** Auditive Wahrnehmung und Sprachentwicklung. Diplomarbeit HSS Innsbruck
- 95. Weiß, C (2002)** Basiswissen medizinische Statistik. Springer Verlag, Heidelberg

- 96. Wendler, J; Seidner, W; Kittel, G; Eyshold, U (1996)**, Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]
- 97. Wittkämper, V; Lindern, S; Böddeker, I; Berger, R (2001)** Zur Bewertung anamnestischer Angaben bei Verdacht auf auditive Wahrnehmungsstörungen, in: *Groß M (Hrsg)* Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte, Bd. 8 Median, Heidelberg, S. 277-281
- 98. Wohlleben, B; Nubel, K; Gross, M (2002)** Orientierende Tests zur Diagnostik auditiver Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen, in: *Groß M (Hrsg)* Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte, Bd. 9 Median, Heidelberg, S. 222-225
- 99. Zierath, P. (2002)** Diagnostik und Förderung bei Kindern mit auditiven Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörungen durch Bildungseinrichtungen für Hörgeschädigte, *Sprache Stimme Gehör* 2002; 26: 111-116, Georg Thieme Verlag, Stuttgart [u.a.]

Verzeichnis der akademischen Lehrer und Lehrerinnen

Meine akademischen Lehrer und Lehrerinnen an der Philipps-Universität Marburg waren die Damen und Herren:

Arnold, Aumüller, Austermann, Barth, Basler, Baum, Bien, Berger, Celik, Cetin, Christiansen, Czubayko, Daut, Eissele, Elsässer Engel, Feuser, Fruhstorfer, Geus, Giese, Gotzen, Griss, Grzeschik, Happle, Hasilik, Hellinger, Herzum, Hesse, Himmelmann, Hoffmann, Hofmann, Hörsch, Joseph, Junge, Kern, Klenk, Klose, Koolmann, Krieg, Kroll, Lammel, Lennartz, Lenz, Löffler, Maier, Maisch, Mc Gregor, Moll, Moosdorf, Mueller, Müller, Niessing, Oertel, Pfeiffer, Ramaswamy, Rechzeh, Reichardt, Remschmidt, Renz, Richter, Rothmund, Schachtschnabel, Schäfer, Schmidt, Schuermann, Schulz, Seifart, Seitz, Steiniger, Stiletto, Sundermeyer, Vohland, Voigt, Weihe, Werner, Westermann, von Wichert, Wille, Wirth

Meine akademischen Lehrer und Lehrerinnen an der Ludwig Maximilian Universität München waren:

Bommer, Engelhardt, Hofstätter, Hüttl, Jung, Pusch, Staller, Stephan, Thrun, Zwissler

Meine akademischen Lehrer und Lehrerinnen an der Nottingham University, England waren:

Bora, Braithwaite, Hopkinson, McVicar, Scammell, Scholefield

Danksagung

Mein Dank gilt Frau Dr. Roswitha Berger, Professorin für Phoniatrie und Pädaudiologie am Zentrum für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde an der Philipps- Universität Marburg für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit. Sie hat mich während der gesamten Arbeit sehr unterstützt und hatte immer ein offenes Ohr für meine Fragen und Probleme. Auch die immer prompte Beantwortung aller E-Mails und das schnelle Korrekturlesen haben die Fertigstellung dieser Arbeit über eine so große Distanz überhaupt erst möglich gemacht. Ihre vielfältigen Anregungen, ihr Wissen zu inhaltlichen sowie formalen Fragen und ihre wertvollen Literaturempfehlungen haben sehr zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Ich danke allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie des Zentrums für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde der Phillips-Universität Marburg für ihre Unterstützung während der Untersuchung meiner Patienten. Mein spezieller Dank gilt hier Frau Lorsbach, die medizinische Dokumentarin ist und mir dabei geholfen hat, einen großen Teil meiner Daten in elektronische Form zu bringen und damit die statistische Auswertung sehr erleichtert hat.

An dieser Stelle möchte ich auch meinen Eltern danken, die mich während des gesamten Studiums unterstützt haben und immer noch so viele Dinge für mich möglich machen.

Besonderer Dank geht an Ralph, Anne und Steffi, die mich gerade in der Endphase immer wieder motiviert und fest an mich geglaubt haben.

Außerdem möchte ich mich bei Anne und meiner Schwester Heinke für das Korrekturlesen der Arbeit bedanken.